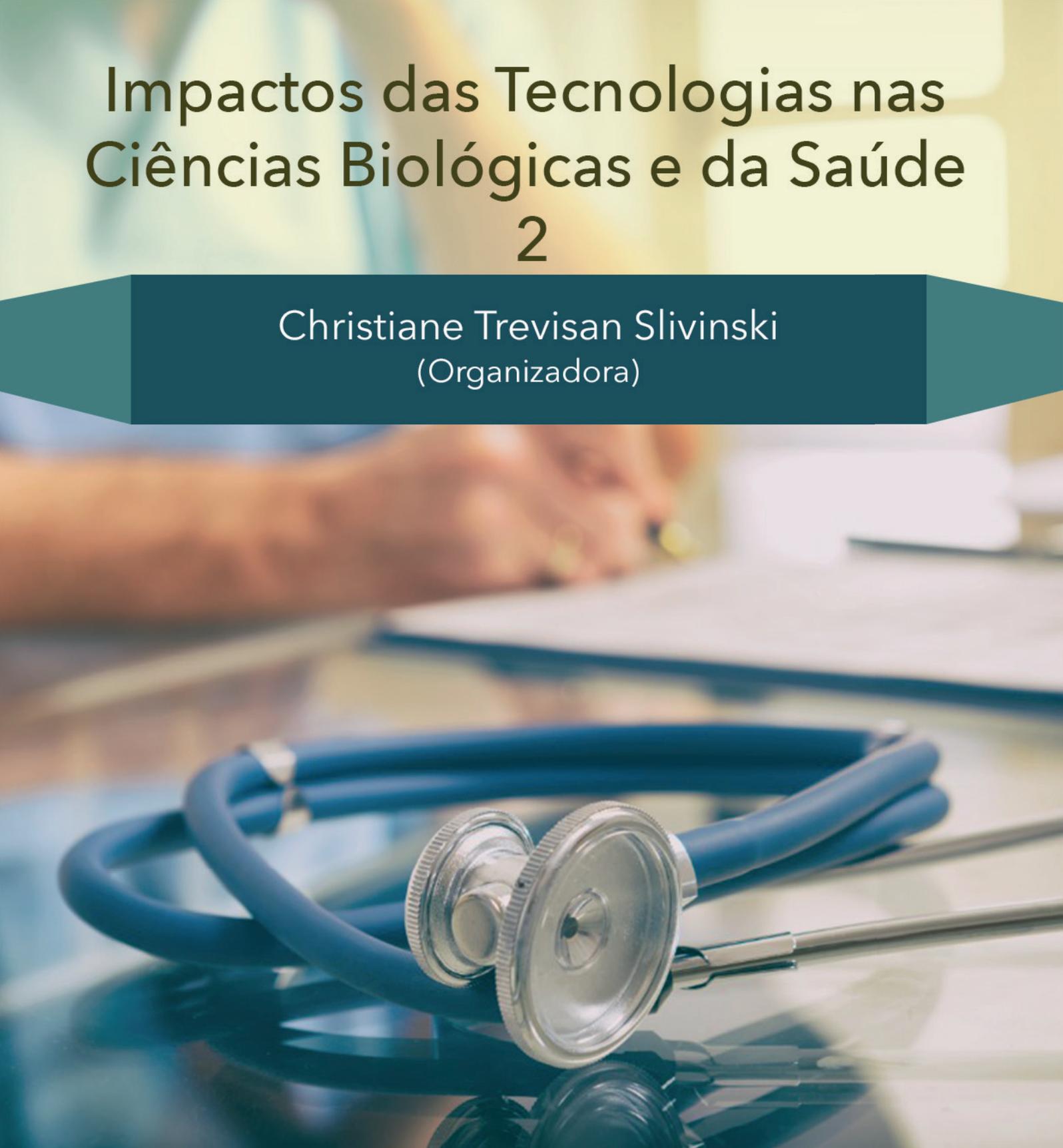


Impactos das Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde 2

Christiane Trevisan Slivinski
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

Christiane Trevisan Slivinski
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

134 Impactos das tecnologias nas ciências biológicas e da saúde 2
[recurso eletrônico] / Organizadora Christiane Trevisan Slivinski. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das
Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-038-4

DOI 10.22533/at.ed.384191601

1. Ciências biológicas. 2. Saúde. 3. Tecnologia. I. Slivinski,
Christiane Trevisan.

CDD 620.8

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A tecnologia está ganhando cada dia mais espaço na vida das pessoas e em tudo que as cerca. Compreende-se por tecnologia todo o conhecimento técnico e científico e sua aplicação utilizando ferramentas, processos e materiais que foram criados e podem ser utilizados a partir deste conhecimento. Quando, para o desenvolvimento da tecnologia estão envolvidos sistemas biológicos, seres vivos ou seus metabólitos, passa-se a trabalhar em uma área fundamental da ciência, a Biotecnologia.

Toda produção de conhecimento em Biotecnologia envolve áreas como Biologia, Química, Engenharia, Bioquímica, Biologia Molecular, Engenharia Bioquímica, Química Industrial, entre outras, impactando diretamente no desenvolvimento das Ciências Biológicas e da Saúde. A aplicação dos resultados obtidos nos estudos em Biotecnologia está permitindo um aumento gradativo nos avanços relacionados a qualidade de vida da população, preservação da saúde e bem estar.

Neste ebook é possível identificar vários destes aspectos, onde a produção científica realizada por pesquisadores das grandes academias possuem a proposta de aplicações que podem contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos que a natureza nos oferece, bem como encontrar novas soluções para problemas relacionados à manutenção da vida em equilíbrio.

No volume 2 são apresentados artigos relacionados a Bioquímica, Tecnologia em Saúde e as Engenharias. Inicialmente é discutida a produção e ação de biocompostos tais como ácido hialurônico, enzimas fúngicas, asparaginase, lipase, biossurfactantes, xilanase e eritritol. Em seguida são apresentados aspectos relacionados a análise do mobiliário hospitalar, uso de oxigenoterapia hospitalar, engenharia clínica, e novos equipamentos utilizados para diagnóstico. Também são apresentados artigos que trabalham com a tecnologia da informação no desenvolvimento de sistemas e equipamentos para o tratamento dos pacientes.

No volume 3 estão apresentados estudos relacionados a Biologia Molecular envolvendo a leptospirose e diabetes melitus. Também foram investigados alguns impactos da tecnologia no estudo da microcefalia, agregação plaquetária, bem como melhorias no atendimento nas clínicas e farmácias da atenção básica em saúde.

Em seguida discute-se a respeito da utilização de extratos vegetais e fúngicos na farmacologia e preservação do meio ambiente. Finalmente são questionados conceitos envolvendo Educação em Saúde, onde são propostos novos materiais didáticos para o ensino de Bioquímica, Biologia, polinização de plantas, prevenção em saúde e educação continuada.

Christiane Trevisan Slivinski

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ÁCIDO HIALURÔNICO MICROBIANO: PRODUÇÃO E APLICAÇÕES	
Hanny Cristina Braga Pereira Duffeck Nicole Caldas Pan Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi	
DOI 10.22533/at.ed.3841916011	
CAPÍTULO 2	15
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS HIDROLÍTICAS DE FUNGOS ISOLADOS DE <i>EUTERPE PRECATORIA</i> MART.	
Bárbara Nunes Batista Rosiane Rodrigues Matias Ana Milena Gómez Sepúlveda Rafael Lopes e Oliveira Patrícia Melchionna Albuquerque	
DOI 10.22533/at.ed.3841916012	
CAPÍTULO 3	26
DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS IDEAIS DE CULTIVO DE <i>STREPTOMYCES PARVULUS</i> UFPEDA 3408 PARA PRODUÇÃO DA ENZIMA L- ASPARAGINASE	
Glêzia Renata da Silva Lacerda Islan D'Eric Gonçalves da Silva Luiz Eduardo Felix de Albuquerque Wanda Juliana Lopes e Silva Suellen Emilliany Feitosa Machado Silene Carneiro do Nascimento Gláucia Manoella de Souza Lima	
DOI 10.22533/at.ed.3841916013	
CAPÍTULO 4	36
IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE DE <i>Botryosphaeria ribis</i> EC-01 EM RESÍDUO TÊXTIL	
Jéssica Borges de Oliveira Rafael Block Samulewski Josana Maria Messias Aline Thaís Bruni Aneli M. Barbosa-Dekker Robert F. H. Dekker Milena Martins Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.3841916014	
CAPÍTULO 5	42
IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES EM ZEÓLITA A OBTIDAS A PARTIR DA CINZA DE BIOMASSA DA BANANEIRA	
Orlando Baron Eduardo Radovanovic Silvia Luciana Favaro Murilo Pereira Moisés Nadia Krieger Alessandra Machado Baron	
DOI 10.22533/at.ed.3841916015	

CAPÍTULO 6 48

PRODUÇÃO DE BIOSSURFACTANTES A PARTIR DE FUNGOS ENDOFÍTICOS ISOLADOS DA ESPÉCIE AMAZÔNICA *MYRCIA GUIANENSIS* E SUA TOLERÂNCIA AO ENDOSULFAN

Ana Milena Gómez Sepúlveda
Sergio Duvoisin Junior
Patrícia Melchionna Albuquerque

DOI 10.22533/at.ed.3841916016

CAPÍTULO 7 60

PRODUÇÃO E EXTRAÇÃO DE LIPASES DE *Penicillium corylophilum*

Lucas Marcondes Camargo
Ricardo de Sousa Rodrigues
Michael da Conceição de Castro
Josiane Geraldelo da Silva
Patrícia Salomão Garcia
Milena Martins Andrade
Alessandra Machado Baron

DOI 10.22533/at.ed.3841916017

CAPÍTULO 8 66

SELEÇÃO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS ISOLADOS DE *MYRCIA GUIANENSIS* PRODUTORES DE XILANASE

Rosiane Rodrigues Matias
Ana Milena Gómez Sepúlveda
Bárbara Nunes Batista
Juliana Mesquita Vidal Martínez de Lucena
Patrícia Melchionna Albuquerque

DOI 10.22533/at.ed.3841916018

CAPÍTULO 9 75

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MILHOCINA COMO FONTE DE VITAMINAS E NITROGÊNIO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE ERITRITOL POR *Yarrowia lipolytica*

Luana Vieira da Silva
Maria Alice Zarur Coelho
Priscilla Filomena Fonseca Amaral
Patrick Fickers

DOI 10.22533/at.ed.3841916019

CAPÍTULO 10 84

ANÁLISE DE MOBILIÁRIO HOSPITALAR COM INCIDÊNCIA EM EVENTOS ADVERSOS

Lígia Reis Nóbrega
Selma Terezinha Milagre

DOI 10.22533/at.ed.38419160110

CAPÍTULO 11 88

ANÁLISE DO PROCESSO TECNOLÓGICO EM SAÚDE NO SERVIÇO DE OXIGENOTERAPIA DOMICILIAR

Bruno Pires Bastos
Renato Garcia Ojeda

DOI 10.22533/at.ed.38419160111

CAPÍTULO 12 98

CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA RECENTE SOBRE A ODONTOLOGIA HOSPITALAR NO BRASIL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Wagner Couto Assis
Adriano Santos Sousa Oliveira
Danilo Lyrio de Oliveira
Ismar Eduardo Martins Filho
Alba Benemérta Alves Vilela

DOI 10.22533/at.ed.38419160112

CAPÍTULO 13 111

CARACTERIZAÇÃO DE PACIENTES COM ÚLCERA DE PÉ DIABÉTICO ATENDIDOS EM HOSPITAIS DA REDE PÚBLICA DE SÃO LUÍS MARANHÃO

Kezia Cristina Batista dos Santos
Tamires Barradas Cavalcante
Patrícia Amorim Danda
Gabriela Sellen Campos Ribeiro
Adrielly Haiany Coimbra Feitosa

DOI 10.22533/at.ed.38419160113

CAPÍTULO 14 123

APLICAÇÃO DE RTOS NA CRIAÇÃO DE DISPOSITIVO ELETROMÉDICO PARA AVALIAÇÃO DO BLOQUEIO NEUROMUSCULAR INTRAOPERATÓRIO

Matheus Leitzke Pinto
Gustavo Ott
Mauricio Campelo Tavares

DOI 10.22533/at.ed.38419160114

CAPÍTULO 15 138

ATUAÇÃO DO SETOR DE ENGENHARIA CLÍNICA: UM ESTUDO DE CASO NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO ONOFRE LOPES

Camila Beatriz Souza de Medeiros
Taline dos Santos Nóbrega
Beatriz Stransky

DOI 10.22533/at.ed.38419160115

CAPÍTULO 16 147

AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA UMA CADEIRA DE RODAS

Samuel Roberto Marcondes
Aline Camile Stelf

DOI 10.22533/at.ed.38419160116

CAPÍTULO 17 154

CLASSIFICAÇÃO DE EEG COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS UTILIZANDO ALGORITMOS DE TREINAMENTO DO TIPO *EXTREME LEARNING MACHINE E BACK-PROPAGATION*

Tatiana Saldanha Tavares
Francisco Assis de Oliveira Nascimento
Cristiano Jacques Miosso

DOI 10.22533/at.ed.38419160117

CAPÍTULO 18	163
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA WEB PARA GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES	
Antonio Domingues Neto José Felício da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.38419160118	
CAPÍTULO 19	172
DETECÇÃO DE ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL ISQUÊMICO AGUDO/SUBAGUDO BASEADA NA POSIÇÃO VENTRICULAR	
Cecília Burle de Aguiar Walisson da Silva Soares Severino Aires Araújo Neto Carlos Danilo Miranda Regis	
DOI 10.22533/at.ed.38419160119	
CAPÍTULO 20	185
DETECÇÃO DE MELANOMA UTILIZANDO DESCRITORES DE HARALICK	
Marília Gabriela Alves Rodrigues Santos Marina de Oliveira Alencar Walisson da Silva Soares Cecília Burle Aguiar Carlos Danilo Miranda Regis	
DOI 10.22533/at.ed.38419160120	
CAPÍTULO 21	194
HUMAN KNEE SIMULATION USING MULTILAYER PERCEPTRON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK	
Ithallo Junior Alves Guimarães Roberto Aguiar Lima Vera Regina Fernandes da Silva Marães Lourdes Mattos Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.38419160121	
CAPÍTULO 22	201
INFLUÊNCIA DO FILTRO DE <i>WIENER</i> NO REALCE DE CONTRASTE DE IMAGENS MAMOGRÁFICAS USANDO FUNÇÃO SIGMOID	
Michele Fúlvia Angelo Thalita Villaron Lima Talita Conte Granado Ana Claudia Patrocínio	
DOI 10.22533/at.ed.38419160122	
CAPÍTULO 23	212
MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE BANCO DE DADOS PARA O GERENCIAMENTO DE PROPOSTAS EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM SAÚDE	
Lígia Reis Nóbrega Adriano de Oliveira Andrade Selma Terezinha Milagre	
DOI 10.22533/at.ed.38419160123	

CAPÍTULO 24 219

DETECÇÃO DE RESPOSTAS AUDITIVAS EM REGIME PERMANENTE USANDO COERÊNCIA MÚLTIPLA: OBTENÇÃO DE CONJUNTO ÓTIMO DE ELETRODOS PARA APLICAÇÃO ONLINE

Felipe Antunes
Glaucia de Moraes Silva
Brenda Ferreira da Silva Eloi
Leonardo Bonato Felix

DOI 10.22533/at.ed.38419160124

CAPÍTULO 25 227

PRÓTESE DE MEMBRO INFERIOR EM FIBRA DE CARBONO PARA USO COTIDIANO E LEVES EXERCÍCIOS

César Nunes Giracca
Tiago Moreno Volkmer

DOI 10.22533/at.ed.38419160125

CAPÍTULO 26 238

RECONSTRUÇÃO DE IMAGEM DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA POR FEIXE DE PRÓTONS, UTILIZANDO A TRANSFORMADA INVERSA DE RADON, BASEADA EM IMAGENS GERADAS POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Fabrcio Loreni da Silva Cerutti
Gabriela Hoff
Marcelo Victor Wüst Zibetti
Hugo Reuters Schelin
Valeriy Viktorovich Denyak
Sergei Anatolyevich Paschuk
Ivan Evseev
Leonardo Zanin
Ediney Milhoretto

DOI 10.22533/at.ed.38419160126

CAPÍTULO 27 246

REVITALIZAÇÃO DE PROCESSADORAS AUTOMÁTICAS KODAK M35 X-OMAT PROX PROCESSOR

Fabricio Loreni da Silva Cerutti
Jesiel Ricardo dos Reis
Oseas Santos Junior
Juliana do Carmo Badelli
Andressa Caron Brey
Jorge Luis Correia da Silva
Marcelo Zibetti

DOI 10.22533/at.ed.38419160127

CAPÍTULO 28 253

SIMULADOR MATERNO FETAL

Rodrigo Lopes Rezer
Marcelo Antunes Marciano
Anderson Alves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.38419160128

CAPÍTULO 29 262

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS (CAE) NA OTIMIZAÇÃO DE PRÓTESES DE MÃO.

Francisco Gilfran Alves Milfont

Luiz Arturo Gómez Malagón

DOI 10.22533/at.ed.38419160129

SOBRE A ORGANIZADORA..... 271

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS HIDROLÍTICAS DE FUNGOS ISOLADOS DE *EUTERPE PRECATORIA* MART.

Bárbara Nunes Batista

Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Ciências da Saúde, Escola Superior de Tecnologia
Manaus - Amazonas

Rosiane Rodrigues Matias

Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Ciências da Saúde, Escola Superior de Tecnologia
Manaus - Amazonas

Ana Milena Gómez Sepúlveda

Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Ciências da Saúde, Escola Superior de Tecnologia
Manaus – Amazonas

Rafael Lopes e Oliveira

Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Tecnologia
Manaus - Amazonas

Patrícia Melchionna Albuquerque

Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Ciências da Saúde, Escola Superior de Tecnologia

RESUMO: A *Euterpe precatoria* (açazeiro) é uma das palmeiras mais abundantes na região amazônica, e apresenta alto valor econômico pela sua variedade de usos, além de sintetizar substâncias de importância medicinal. Sendo assim, torna-se interessante o estudo de seus

extratos e os micro-organismos que hospeda, chamados endófitos. Estes micro-organismos apresentam vasto potencial na produção de substâncias bioativas, como as enzimas hidrolíticas, entretanto, os fungos endofíticos associados às espécies tropicais vêm sendo pouco explorados. Portanto, este estudo teve por objetivo avaliar a produção de diferentes hidrolases em fungos endofíticos isolados do açazeiro. Os fungos isolados de folhas, caules e raízes de mudas de *E. precatoria* foram reativados em ágar batata dextrose, incubados à 28°C por 7 dias e então avaliados quanto à síntese de amilases, celulases, pectinases e lipases em meio sólido. Do total de 41 isolados testados, 31,7% foram capazes de produzir amilase, 58,5% produziram celulase, 12,2% lipase e 82,9% pectinase. A partir da determinação do índice enzimático, foram selecionados os melhores produtores para cada enzima. Os fungos selecionados foram identificados como pertencentes aos gêneros *Guignardia* e *Penicillium*. Sendo assim, os resultados confirmaram o potencial de produção de hidrolases por fungos endofíticos obtidos do açazeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Açazeiro, endófitos, hidrolases, atividade enzimática.

ABSTRACT: *Euterpe precatoria* (açai palm) is one of the most abundant palms in the Amazon

region, and presents a high economic value due to its variety of uses, besides synthesizing compounds of medicinal importance. Therefore, it is interesting to carry out studies regarding its extracts and the microorganisms that it hosts, called endophytes. These microorganisms present a wide potential for the production of bioactive substances, such as hydrolytic enzymes, however, the endophytic fungi associated with tropical species have been little explored. Therefore, the objective of this study was to evaluate the production of different hydrolases by endophytic fungi which were isolated from the açai palm. The fungi isolated from leaf, stem and root of *E. precatória* were reactivated on potato agar dextrose, incubated at 28°C for 7 days, and then evaluated for the synthesis of amylase, cellulase, protease and lipase on solid media. Of the 41 fungi that were tested in solid media, 31.7% produced amylase, 58.5% produced cellulase, 12.2% lipase, and 82.9% pectinase. In accordance with the enzymatic index, the best producers were selected for each of the enzymes. The selected fungi were identified as belonging to the *Guignardia* and *Penicillium* genus. Thus, our results have confirmed the potential of hydrolases production by endophytic fungi when isolated from the açai palm.

KEYWORDS: Açai palm; endophytes; hydrolases; enzymatic activity.

1 | INTRODUÇÃO

Enzimas são biocatalisadores específicos, capazes de atuar diante de macromoléculas como proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos para obtenção de energia e “blocos de construção” químicos, que em conjunto constituem proteínas, membranas, células e tecidos (MENDES *et al.*, 2015; ORLANDELLI *et al.*, 2015). As enzimas apresentam um grande leque de aplicações em áreas como agricultura, indústrias de medicamentos, alimentícia, de ração, papel, têxtil, entre outras (ROBINSON, 2015).

A especificidade que a enzima apresenta é determinada através de sua característica estrutural, resultando na catálise de diferentes tipos de reações, que as classificam seis grupos principais, de acordo com a União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular (IUBMB): oxidoreduções, que catalisam reações óxido-redutivas; transferases, que realizam a catálise de transferência de grupos de um composto para outro; ligases, que sintetizam compostos a partir da energia obtida da degradação de ATP; liases, que modificam o substrato reduzindo-o a compostos ou removendo grupos para romper duplas ligações; isomerases, enzimas catalisadoras de reações de isomerização por transferência de grupos, gerando assim isômeros; e as hidrolases, que realizam a catálise de quebra de ligações com o auxílio de moléculas de água e são a classe de interesse do presente estudo (GULHANE *et al.*, 2016).

A classe das hidrolases compõe o grupo de maior aplicação na indústria devido a fatores como a capacidade de catalisar reações de biotransformação com alta quimio-, régio- e enantiosseletividade, além de não dependerem da regeneração de cofatores (RODWELL *et al.*, 2016). Dentre as hidrolases, existem as amilases, que ocupam o

ranking das enzimas mais utilizadas industrialmente (25%) e aplicadas nas indústrias alimentícia e têxtil, seguidas das celulasas (20%) conhecidas principalmente pela aplicabilidade na indústria de biocombustíveis. Lipases e pectinases são aplicadas na indústria alimentícia, na obtenção de aromas e sabores e na produção de bebidas, respectivamente (RODWELL *et al.*, 2016; CUNHA *et al.*, 2016; GOPINATH *et al.*, 2017).

A obtenção de tais enzimas tem sido possível através da síntese microbiana, que permite a produção em larga escala e a otimização desta produção. Além disso, os micro-organismos apresentam rápido crescimento e permitem a alteração de genes de interesse através da engenharia genética, permitindo a obtenção de micro-organismos com determinadas características de interesse, desempenhando papel fundamental na produção de novos produtos naturais de aplicação biotecnológica (CHAPLA *et al.*, 2013; FONSECA, 2017).

Dentre os micro-organismos com potencial para a produção de enzimas estão os fungos endofíticos, que colonizam o interior de plantas sem provocar dano aparente. Estes micro-organismos apresentam características que vão do auxílio na defesa contra patógenos, por ocuparem nicho ecológico semelhante, contra herbivoria na síntese de compostos de considerável toxicidade, e na produção de compostos biologicamente ativos, podendo estes compostos serem semelhantes aos sintetizados pela planta hospedeira. A substância Taxol, por exemplo, utilizada no tratamento do câncer, vem sendo sintetizada pelo fungo *Taxomyces andreanae*, endófito da planta hospedeira *Taxus brevifolia* (STIERLE *et al.*, 1993; AZEVEDO, 1998; CHAPLA *et al.*, 2013; CORREA *et al.*, 2014).

O açazeiro (*Euterpe Precatoria* Mart.), é um exemplo de espécie hospedeira cujos endófitos apresentam potencial de produção de compostos de interesse biotecnológico. De estipe único característico, a *E. precatoria* é conhecida pelo vinho obtido de seus frutos e de seu palmito. Seu vinho é rico em α -tocoferol, fibras, lipídeos, polifenóis (incluindo antocioninas) e íons minerais como cálcio, magnésio e potássio (PEIXOTO *et al.*, 2016; GUIMARÃES *et al.*, 2017). Das raízes são feitos chás e xaropes atribuídos às culturas indígenas, que preparam chá das raízes para tratar malária, acelerar coagulação de ferimentos, tratamento para tosse e dor de garganta, tratamento de dores renais e hepáticas (SMITH, 2015; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). Além disso, extratos de talos das folhas e raízes apresentam substâncias detentoras de atividade antioxidante, anti-inflamatória, vasodilatadora e antimalárica (JENSEN *et al.*, 2002; GALOTTA *et al.*, 2008; YAMAGUCHI *et al.*, 2015).

Apesar de sua importância econômica e presença de compostos bioativos em seus extratos, poucos trabalhos sobre a composição química desta espécie vêm sendo descritos na literatura (AGUIAR & MENDONÇA, 2003), e quando se trata de estudos sobre os fungos endofíticos associados ao açazeiro, praticamente nada foi publicado.

Estudos realizados previamente indicaram o potencial de fungos isolados do açazeiro no que diz respeito à atividade antimicrobiana (BATISTA, SILVA e RAPÔSO, 2018). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de enzimas hidrolíticas

em fungos isolados de açazeiro, a fim de verificar o potencial destes endófitos na produção de moléculas com ampla aplicação industrial.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Micro-organismos

A partir de folhas, caules e raízes de mudas de *E. precatoria* foram isolados os fungos endofíticos, os quais foram identificados em nível de gênero por meio de análise micromorfológica em estudo realizado previamente (BATISTA, SILVA e RAPÔSO, 2018). Os fungos foram conservados pelo método de Castellani (1939), sendo reativados em ágar batata dextrose (BDA), após incubação em BOD a 28°C durante 7 dias. Após o crescimento dos fungos, 41 isolados foram submetidos aos testes em meio sólido para a determinação da atividade hidrolítica.

2.2 Ensaio da Atividade Enzimática

Discos de 5 mm de diâmetro do material micelial reativado foram transferidos para o centro de uma placa de Petri para a detecção da atividade hidrolítica com meio específico para produção das hidrolases de interesse. Para detecção da produção de amilase, foi utilizado meio composto por ágar (1,8%), amido (1%) e tampão citrato fosfato 0,1 M, pH 5,0; Para detecção de atividade celulolítica, foi utilizado ágar (1,8%), carboximetilcelulose (CMC) (1%) e tampão acetato de sódio 0,1 M, pH 5,0; Para a detecção da atividade pectinolítica foi utilizado ágar (1,8%), pectina cítrica (1%) e tampão acetato de sódio 0,1 M, pH 5,0; Para detecção de atividade lipolítica, foi utilizado peptona (6,0 g/L), NaCl (3,0 g/L), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,06 g/L), ágar (10,8 g/L) e Tween 80 a 1% (v/v) (SOUZA *et al.*, 2008; ALVES *et al.*, 2016). Os ensaios foram realizados em triplicata.

Após o período de incubação, as placas foram coradas a fim de facilitar a visualização dos halos de degradação. Para detecção do halo indicativo da produção de amilase utilizou-se iodo 0,1 N; para a celulase, lugol; para detecção de protease verificou-se a mudança de cor na área de degradação do leite; e para lipase, a presença de cristais de cálcio.

2.3 Determinação do Índice Enzimático (IE)

Os halos indicativos da produção enzimática e as colônias fúngicas foram medidos com auxílio de paquímetro, para o cálculo do Índice enzimático (IE), que expressa a atividade enzimática extracelular mediante a relação entre o diâmetro do halo de degradação e o diâmetro médio da colônia (OLIVEIRA; FLOR; OLIVEIRA, 2010). Os fungos que apresentaram $\text{IE} \geq 3$ foram considerados como os melhores produtores das enzimas hidrolíticas avaliadas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os 41 fungos endofíticos isolados do açazeiro avaliados neste estudo, 31,7% (18 isolados) apresentaram atividade amilolítica; 58,5% (27 isolados) atividade celulolítica; 12,2% (9 isolados) atividade lipolítica e 82,9% (34 isolados) atividade pectinolítica. Destes, 73,1% apresentaram o potencial de síntese para mais de uma enzima (Tabela 1), o que confirma a viabilidade de uso dos fungos endófitos para a produção de compostos bioativos, como as hidrolases (CHAPLA *et al.*, 2013).

Ordem	Fungos	Amilase	Celulase	Pectinase	Lipase
1	R1	-	+++	+++	++
2	R2	+	-	+++	+
3	R3	++	+++	+++	-
4	R4	-	++	++	+
5	R6	-	-	-	-
6	R8	-	-	+++	-
7	R9	-	++	-	-
8	R10	-	++	++	-
9	R11	-	+	+++	-
10	R12	++	+++	+++	-
11	R13	-	+++	+++	+
12	F1	-	-	+++	+
13	F2	-	+++	+++	-
14	F3	+++	+	+++	+++
15	F4	-	-	-	-
16	F5	-	-	+++	-
17	F6	-	-	-	-
18	F7	-	-	-	-
19	F8	++	++	+++	-
20	F11	++	+++	-	+++
21	F12	++	+++	+++	-
22	F13	++	+++	+++	-
23	F14	-	-	+++	++
24	F15	-	-	+++	-
25	F16	-	-	+++	-
26	C1	+	+++	+++	-
27	C3	+	+++	+++	+
28	C4	-	+++	+++	-
29	C5	-	++	+++	-
30	C6	+	+++	+++	-
31	C11	+	+++	+++	++

32	C14	-	+	+++	-
33	C15	-	-	-	-
34	C16	-	-	+++	-
35	C17	-	++	+++	-
36	C18	++	+++	+++	-
37	C20	++	++	+++	-
38	C22	+++	+++	+++	-
39	C23	++	-	+++	-
40	C24	++	+++	++	-
41	C26	++	++	+++	-

Tabela 1 - Produção de enzimas hidrolíticas de fungos isolados do açazeiro conforme índice enzimático, calculado a partir da atividade degradadora de substratos presentes nos meios sólidos específicos.

R = isolado de raiz; F = isolado de folha; C = isolado de caule.

Índice enzimático abaixo de 2: +; Índice enzimático de 2 a 2,9: ++; Índice enzimático acima de 3: +++; Sem atividade: -

O isolado de folha F3 (*Penicillium sp.*) apresentou atividade para todas as enzimas de interesse, mostrando-se versátil e promissor para diversas aplicações industriais. Torna-se necessário, ainda, avaliar sua produção em meio líquido, bem como avaliar as enzimas produzidas quanto às suas características, a fim de determinar suas potenciais aplicações na indústria (HUSSAIN *et al.*, 2013).

Observa-se na Tabela 1 que 18 fungos endofíticos do açazeiro foram capazes de produzir amilase, sendo encontrado um maior número de produtores desta enzima em isolados do caule (10 fungos) e de folhas (5 fungos), com somente 3 isolados de raiz. Foram encontrados 27 produtores de celulose, sendo a maioria isolados do caule (13 fungos), além de 6 de folhas e 8 de raiz. Quanto à produção de pectinase, 34 endófitos apresentaram halo de degradação em meio sólido, sendo novamente a maioria isolada de caule (15 produtores), seguido de isolados de folhas (10 fungos) e de raiz (9 fungos). O elevado número de isolados de caule produtores de hidrolases pode ser explicado devido à influência das alterações fisiológicas e químicas dos diferentes órgãos das plantas, determinando assim a localização de fungos endófitos no hospedeiro (ESPINOSA-GARCIA & LONGENHEIM, 1990).

Para a lipase foram poucos os endófitos do açazeiro que apresentaram halo de degradação em meio sólido, sendo 4 de raiz, 4 de folhas e 2 de caule, o que pode indicar a não patogenicidade de grande parte dos isolados do açazeiro, pois a síntese de lipase, apesar de não possuir função totalmente conhecida, está relacionada com a localização e possível expansão de fungos patogênicos, como também uma estratégia de obtenção de nutrientes durante o crescimento saprofítico (ROLLOF *et al.*, 1987; ANNIS & GOODWIN, 1997).

Quando se consideram somente os isolados que apresentaram $IE \leq 3$, verifica-

se uma redução no número de produtores de hidrolases dentre os fungos isolados do açazeiro, sendo apenas 2 fungos produtores de amilase; 2 de lipase, 16 de celulase e 31 de pectinase (Figura 1).

Na Figura 1, observa-se que para a amilase, o fungo C22, isolado do caule (*Guignardia* sp.) apresentou o maior índice enzimático (IE = $3,5 \pm 0,14$), seguido do isolado F3, pertencente ao gênero *Penicillium* (IE = $3,36 \pm 0,2$). Em relação ao índice celulolítico, o fungo F11 (*Guignardia* sp.) isolado de folha, apresentou índice de $7,0 \pm 0,2$, seguido do isolado C1 (gênero *Colletotrichum*) (IE = $6,7 \pm 0,05$). O isolado de maior atividade lipolítica foi o F3 ($3,89 \pm 0,1$), seguido do F11 ($3,6 \pm 0,0$), enquanto o de maior índice pectinolítico foi o R3, de gênero desconhecido ($9,4 \pm 0,1$), seguido do R13, pertencente ao gênero *Aspergillus* ($7,6 \pm 0,2$).

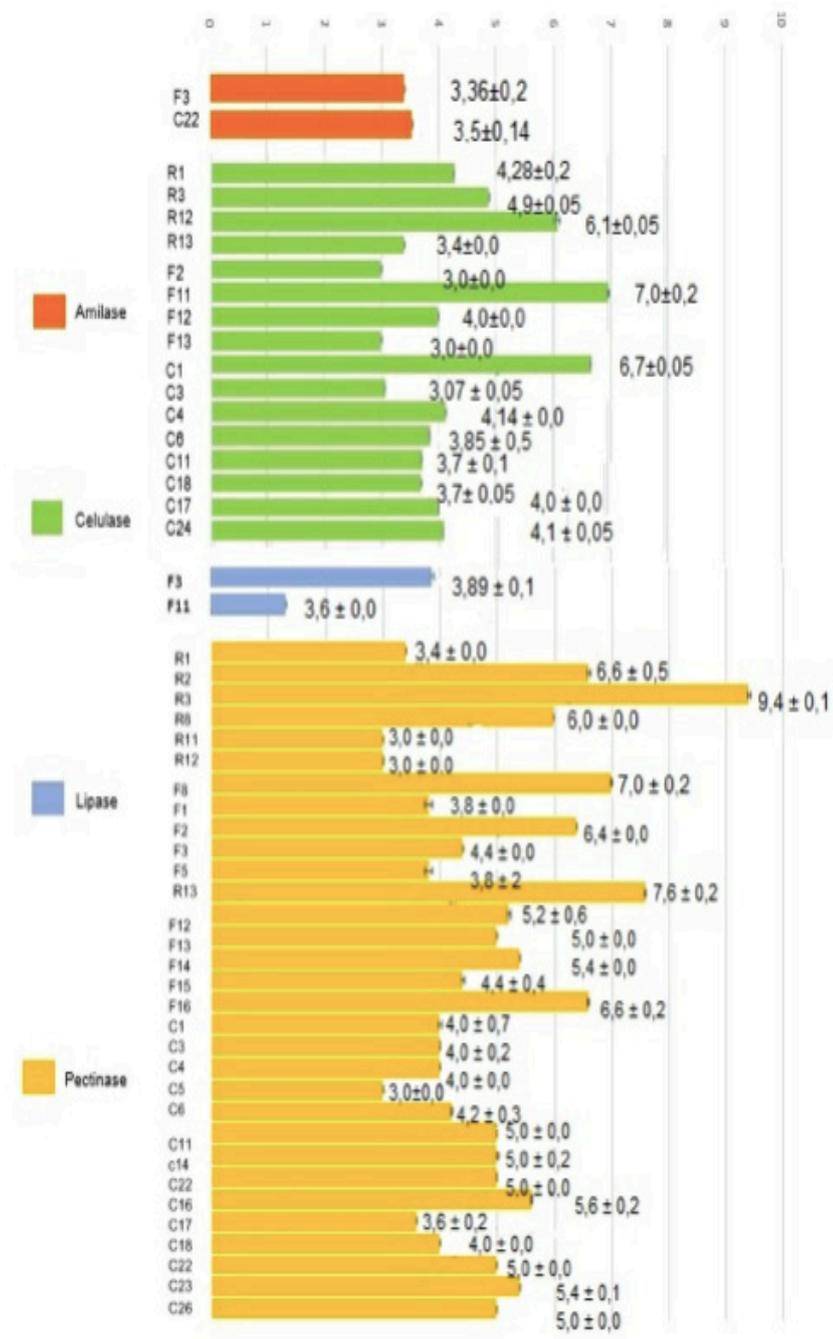


Figura 1 - Índices Enzimáticos (IE) dos fungos endófitos do açazeiro considerados os mais promissores para a produção de amilase, celulase, lipase e pectinase.

Os isolados do gênero *Guignardia* apresentaram resultados semelhantes ao descrito por Romão *et al.* (2011), que avaliaram a produção de diferentes enzimas entre as espécies *G. mangiferae* (endófito) e *G. citricarpa* (patógeno). Os autores observaram que a produção de amilase, celulase e pectinase foi elevada na espécie patogêna, indicando influência da síntese destas enzimas no desenvolvimento da mancha preta do citros, atuando na forma de complexos enzimáticos. A presença dos substratos amido e carboximetilcelulose no meio de cultura pode ter induzido esta elevada produção das hidrolases em *Guignardia* sp., que apresentaram índices enzimáticos superiores aos dos isolados dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* sp., conhecidos como excelentes produtores de enzimas hidrolíticas.

O número de endófitos com potencial pectinolítico observado no presente estudo foi elevado, quando comparado ao descrito por Bezerra *et al.*, (2012), que isolaram 44 fungos de *Opuntia ficus-indica* Mill. (Cactaceae), e destes, apenas dois apresentaram potencial pectinolítico, sendo os fungos *Aspergillus japonicas* e *Penicillium gaudicola* os únicos produtores, com índices enzimáticos abaixo de 1,0. No presente estudo, a maior porcentagem de atividade observada foi a pectinolítica (82,9%). A pectinase é uma das enzimas responsáveis pela degradação da pectina, presente em folhas e frutos, podendo assim, ser relacionada ao processo de colonização nas hospedeiras ao ser capaz de degradar a parede celular vegetal (HERBERT *et al.*, 2004).

Quanto à atividade lipolítica, o maior índice enzimático foi obtido pelo isolado F3, pertencente ao gênero *Penicillium* sp. O gênero *Penicillium*, dentre os fungos filamentosos, possui espécies capazes de sintetizar grandes quantidades de lipases, como *P. cyclopium*, *P. citrinum*, *P. roqueforti*, *P. fusiculosum*, entre outros (CORTEZ *et al.*, 2017). Alguns trabalhos descrevem a produção de lipase por *Penicillium* sp., cuja atividade é elevada de acordo com a quantidade de peptona presente no meio, como também de óleo de oliva, considerado um bom substrato para indução lipolítica (ORLANDELLI *et al.*, 2015). Diante disso, estudos de otimização das condições de cultivo devem ser realizados com o fungo F3, a fim de se obter maior produção de lipase, enzima de ampla aplicação industrial.

Desta forma, a continuidade do presente trabalho torna-se necessária, com a intenção de aplicar as enzimas produzidas pelos endófitos do açazeiro, uma vez que estes micro-organismos apresentaram potencial de produção para grande parte das enzimas de interesse, podendo assim ser aplicados em processos biotecnológicos.

4 | CONCLUSÕES

Os fungos endofíticos do açazeiro apresentaram significativo potencial para produção de hidrolases, sendo 7,3% dos isolados capaz de sintetizar os 4 tipos de enzimas avaliados, indicando a versatilidade destes fungos, que podem ser utilizados como novas fontes de enzimas hidrolíticas. Dentre os isolados que apresentaram

atividades amilolítica, celulolítica e pectinolítica, observou-se predominância de endófitos isolados de caule, enquanto que para a atividade lipolítica, houve predominância de endófitos isolados de folhas. A atividade pectinolítica foi a mais abundante nos fungos, seguida pelas atividades celulolítica, amilolítica e lipolítica.

Torna-se necessário um estudo das condições de cultivo em meio líquido, com o propósito de aumentar a produção destas enzimas, e a continuidade desta investigação, com o intuito de se obter fungos produtores de hidrolases que possam fornecer estas enzimas para as diversas aplicações industriais.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Programa Pró-Amazônia Projeto nº. 052) e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. O.; MENDONÇA, M. S. Morfo-anatomia da semente de *Euterpe precatoria* Mart. **Revista brasileira de sementes**, v. 25, n. 1, p. 37-42, 2003.

ALVES, D. R. *et al.* Avaliação de atividade lipolítica de fungos endofíticos de *Jatropha curcas* L. em Tween 20 e Tween 80. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, XXI, 2016, Fortaleza, CE. **Anais**. Fortaleza, p. 1-7. 2016.

ANNIS, S.L. & GOODWIN, P.H. Recent advances in the molecular genetics of plant cell wall degrading enzymes produced by plant pathogenic fungi. **European Journal of Plant Pathology** 103: 1-14, 1997.

AZEVEDO, J. L. Microrganismos Endofíticos. In: MELOI, S. **Ecologia Microbiana**, Jaguariúna-SP: EMBRAPA, 1998. p.117-137.

BATISTA, B. N.; SILVA, I. R.; RAPÔSO, N. V. M. Isolamento e avaliação da atividade antimicrobiana de fungos endofíticos de açaieiro. **Revista Fitos**, v. 12, n. 2, p. 161-174, 2018.

BEZERRA, J.D.P. *et al.* Richness of endophytic fungi isolated from *Opuntia ficus-indica* Mill. (Cactaceae) and preliminar screening for enzyme production. **World Journal Microbiology Biotechnology**, v. 28, n. 5, p. 1989-1995, 1989.

CASTELLANI, A. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. **Journal of Tropical Medicine Hygiene**, v. 42, p. 225-226, 1939.

CHAPLA, V. M.; BIASETTO, C. R.; ARAUJO, A. R. Fungos endofíticos: Uma fonte inexplorada e sustentável de novos e bioativos produtos naturais. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 3, p. 421-437, 2013.

CORREA, R. C. G. *et al.* Endophytic fungi: expanding the arsenal of industrial enzyme producers. **Industrial Microbiology and Biotechnology**, 41(10): 1467-78, 2014.

CORTEZ, D. V.; CASTRO, H. F.; ANDRADE, G. S. S. Potencial catalítico de lipases ligadas ao micélio de fungos filamentosos e processos de biotransformação. **Química nova**, v. 40, n. 1, p. 85-96. 2017.

CUNHA, J. R. B. *et al.* Cultivo de *Penicillium* spp. em resíduos de colheita de soja para produção de

celulase, protease e amilase. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 597-504, 2016.

ESPINOSA-GARCIA, F. J.; LONGENHEIN, J. H. The leaf endophytic community of a coastal redwood population – diversity and spatial patterns. **New Phytologist**, Oxford, v. 116, p. 89-98, 1990.

FONSECA, L. **4 aplicações de microrganismos na indústria do petróleo que você não conhecia**. Portal Tratamento de água. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/microrganismos-industria-petroleo/>> Acesso em 24 Ago. 2018.

GALOTTA, A. L. Q. de A.; BOAVENTURA, M. A. D.; LIMA, L. A. R. S. Antioxidant and cytotoxic activities of 'Açaí' (*Euterpe precatoria* Mart.). **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1427-1430, 2008.

GOPINATH, S. C. B. *et al.* Biotechnological process in microbial amylase production, **BioMed Research international**, v. 2017, 9 p.

GUIMARÃES, L. C. *et al.* Estudo prospectivo de produtos e processos tecnológicos com o açaí (*Euterpe oleracea*). **Revista Cadernos de Prospecção**, v. 10, n. 2, p. 215-225, 2017.

GULHANE, P. A.; GOMASHE, A. V.; PATNE, M. Endophytic fungi: A source of novel enzymatic antioxidants and biologically active secondary metabolites. **International Journal of Recent Scientific Research**, v. 7, n. 1, p. 8226-8231, 2016.

HERBERT, C. *et al.* Production of a cell wall-associated endopolygalacturonase by *Colletotrichum lindemuthianum* and pectin degradation during bean infection. **Fungal Genetics and Biology**, v. 41, n. 2, p. 140-147, 2004.

HUSSAIN, I. *et al.* A review of the Microbiological aspect of a α -amylase production. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 15, p. 1029-1034, 2013.

JENSEN, J. F.; KVIST, L. P.; CHRISTENSEN, S. B.; An antiplasmodial lignin from *Euterpe precatoria*. **Journal of Natural Products**, 65, 3p., n. 12 p 1915 - 1917, 2002.

MENDES, M. M. G. S. *et al.* Screening of Amazon fungi for the production of hydrolytic enzymes. **African Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 10, p. 741-748, 2015.

OLIVEIRA, A. N.; FLOR, N. S.; OLIVEIRA, L. A. Influência do pH e temperatura sobre a atividade amilolítica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 40, n. 2, p. 401-404, 2010.

ORLANDELLI, R. C. *et al.* Antifungal and proteolytic activities of endophytic fungi isolated from *Piper hispidum* Sw. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 2, p. 359-366, 2015.

PEIXOTO, H. S. *et al.* An anthocyanin-rich extract of açaí (*Euterpe precatoria* Mart.) increases stress resistance and retards aging related markers in *Caenorhabditis elegans*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 6, p. 1283-1290, 2016.

ROBINSON, P. K. Enzymes: principles and biotechnological applications. **Essays Biochemistry**, v. 59, p. 1-41, 2015.

RODWELL, V. W. *at al.* **Bioquímica Ilustrada de Harper**, 30. Porto Alegre: AMGH Editora, 832 p. 2016.

ROLLOF, S.; HEDSTROM, S.A. & NILSON-EHLE, P. Purification and characterization of a lipase from *Staphylococcus aureus*. **Bioquímica et Biophysica Acta** 921: 363-369, 1987.

ROMÃO, A. S. *et al.* Enzymatic differences between the endophyte *Guignardia mangiferae* (botryosphaeriaceae) and the citrus pathogen *Guignardia citricarpa*. **Genetics and Molecular**

Research evolution and tecnologia 10: 243-252, 2011.

SMITH, N. **Palms and people in the Amazon**. 1. Florida: Springer International Publishing, 500 p. 2015. ISBN 978-3-319-05509-1. DOI 10.1007/978-3-319-05509-1.

SOUZA, H. Q.; OLIVEIRA, L. A.; ANDRADE, J. S. Seleção de Basidiomycetes da Amazônia para produção de enzimas de interesse biotecnológico. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 28, p. 116-124, 2008.

STIERLE, A., STROBEL, G., & STIERLE, D. Taxol and taxane production by *Taxomyces andreanae*, and endophytic fungus of Pacific yew. **Science**, v. 260 p. 214-216, 1993.

YAMAGUCHI, K. K. *et al.* Amazon Açaí: chemistry and biological activities: a review. **Food chemistry**, v. 179, p. 137-151, 2015.

SOBRE A ORGANIZADORA

CHRISTIANE TREVISAN SLIVINSKI Possui Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2000), Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007) e Doutorado em Ciências - Bioquímica pela Universidade Federal do Paraná (2012). Tem experiência na área de Bioquímica, com ênfase em Biotecnologia, atuando principalmente nos seguintes temas: inibição enzimática; fermentação em estado sólido; produção, caracterização bioquímica e purificação de proteínas (enzimas); e uso de resíduo agroindustrial para produção de biomoléculas (biossurfactantes). É professora na Universidade Estadual de Ponta Grossa nas disciplinas de Bioquímica e Química Geral desde 2006, lecionando para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, Farmácia, Educação Física, Enfermagem, Odontologia, Química, Zootecnia, Agronomia, Engenharia de Alimentos. Também leciona no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE desde 2012 para os cursos de Fisioterapia, Odontologia, Farmácia, Nutrição, Enfermagem e Agronomia, nas disciplinas de Bioquímica, Fisiologia, Biomorfologia, Genética, Metodologia Científica, Microbiologia de Alimentos, Nutrição Normal, Trabalho de Conclusão de Curso e Tecnologia de Produtos Agropecuários. Leciona nas Faculdades UNOPAR desde 2015 para o curso de Enfermagem nas disciplinas de Ciências Celulares e Moleculares, Microbiologia e Imunologia.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-038-4



9 788572 470384