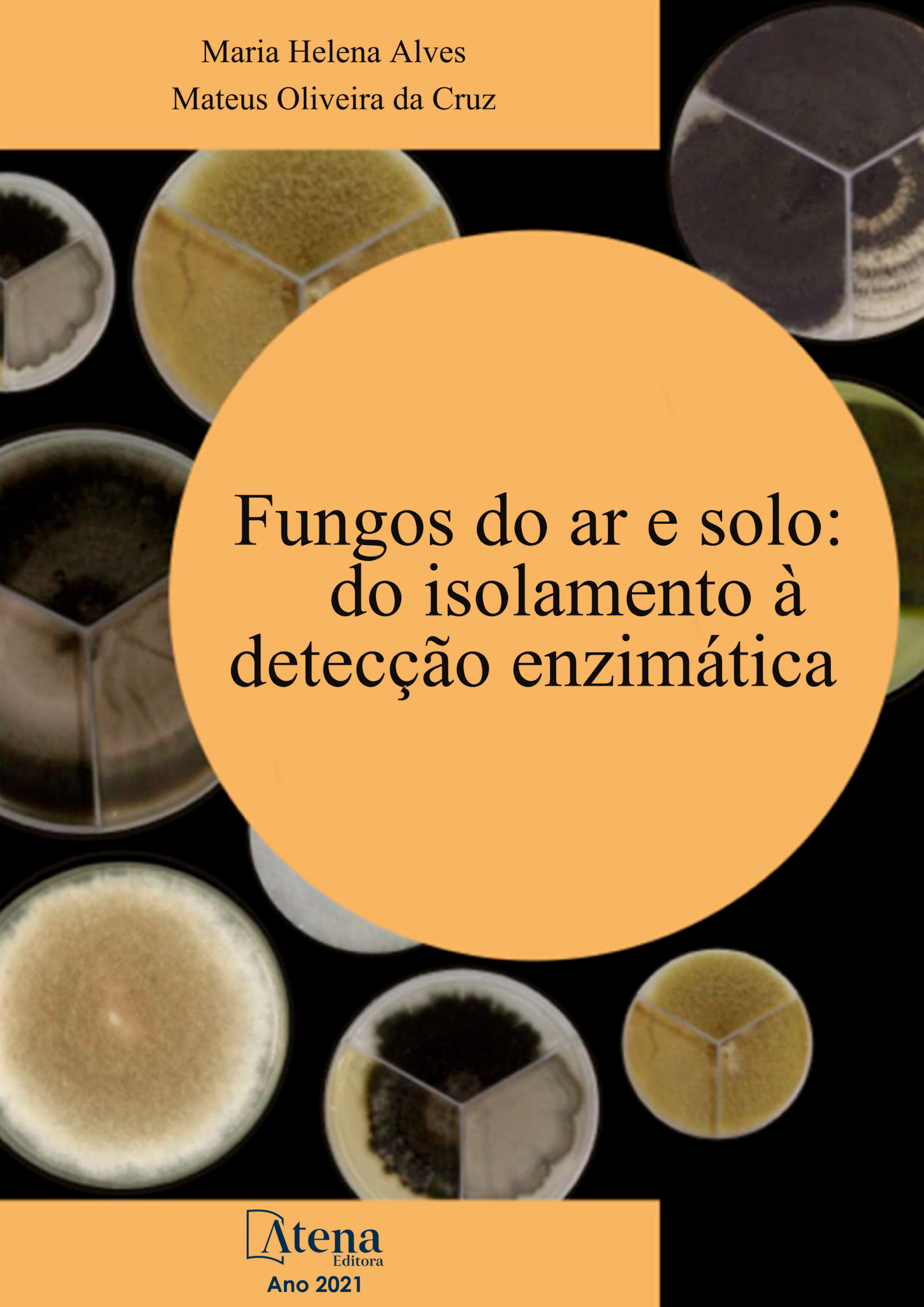



Maria Helena Alves
Mateus Oliveira da Cruz

The background of the cover features several petri dishes containing different types of fungal cultures. Some dishes show dark, fuzzy growth, while others show lighter, more structured growth. The dishes are arranged in a circular pattern around a central orange circle.

Fungos do ar e solo: do isolamento à detecção enzimática

Maria Helena Alves
Mateus Oliveira da Cruz

The background of the cover is a collage of several petri dishes containing various fungal cultures. The dishes are arranged in a circular pattern around a central white circle. The cultures show different growth patterns, including radial, concentric, and sectorial growth, with varying colors and textures. The central white circle contains the title text.

Fungos do ar e solo: do isolamento à detecção enzimática

Editora Chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira
Bruno Oliveira
Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremona
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro

Capa 2021 by Atena Editora

Mateus Oliveira da Cruz Copyright © Atena Editora

Edição de Arte Copyright do Texto © 2021 Os autores

Luiza Alves Batista Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Revisão Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora
Os Autores pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
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
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eiel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará

Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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. Lillian 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. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Fungos do ar e do solo: do isolamento à detecção enzimática

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Mateus Oliveira da Cruz
Correção: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Os Autores
Organizadores: Maria Helena Alves
Mateus Oliveira da Cruz

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F981 Fungos do ar e do solo: do isolamento à detecção enzimática / Organizadores Maria Helena Alves, Mateus Oliveira da Cruz. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-737-6

DOI 10.22533/at.ed.376212201

1. Fungos. 2. Fungos anemófilos. 2. Aspergillus.
3. Cladosporium. I. Alves, Maria Helena
(Organizadora). II. Cruz, Mateus Oliveira da
(Organizador). III. Título.

CDD 579.5

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

SOBRE OS AUTORES



Maria Helena Alves

Doutora em Ciências Biológicas na área de Botânica subárea Micologia pela Universidade de São Paulo. Professora associada III da Universidade Federal do Piauí, colaboradora da Universidade Federal do Delta do Parnaíba.



Mateus Oliveira da Cruz

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco.



Ana Beatriz dos Santos Morais

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí.



Clélia de Paula da Silva Costa

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí.



Diogo Xavier Lima

Doutor em Biologia de Fungos pela Universidade Federal de Pernambuco.



Jéssica Soares Barbosa

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí.



Maria de Fátima Dutra Freitas

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí.

Prefácio

Este livro traz uma coletânea de trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa da Dra. Maria Helena Alves abordando aspectos importantes sobre os fungos, organismos extremamente importantes devido, dentre outros aspectos, à sua diversidade, interações com o ecossistema, potencial biotecnológico e características bioquímicas e fisiológicas, entre outras.

As pesquisas abordam estudos realizados com fungos isolados do ar, devido à importância destes microrganismos na qualidade do ar dos ambientes fechados e fungos isolados do solo, “habitat” extremamente rico e complexo, o qual induz os espécimes a expressarem suas “capacidades” enzimáticas, considerando sua “função” de decompositores (juntamente com as bactérias), no ciclo da matéria orgânica.

Assim, o conteúdo aqui abordado contribui significativamente para o conhecimento científico sobre os fungos no Brasil além de estimular o desenvolvimento de outras pesquisas neste contexto.

Deixo aqui os parabéns aos autores dos capítulos que abordaram o assunto de forma clara, objetiva e com literatura atual, alcançando resultados significativos para os interessados em estudos que envolvem os fungos do ar e do solo, enfatizando a detecção de enzimas.

Aos interessados por esta obra tenham uma ótima leitura.

Dra. Kaoru Okada
PhD em Medicina/Microbiologia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
Análise dos fungos filamentosos ocorrentes no ar em setores internos e climatizados de uma universidade do estado do Piauí, Brasil	
Mateus Oliveira da Cruz	
Maria Helena Alves	
DOI 10.22533/at.ed.3762122011	
CAPÍTULO 2	19
Efeito da temperatura e pH na detecção de amilases e celulases por táxons de <i>Aspergillus</i> isolados do ar	
Mateus Oliveira da Cruz Diogo	
Xavier Lima	
Jéssica Soares Barbosa	
Ana Beatriz Sousa Morais	
Maria Helena Alves	
DOI 10.22533/at.ed.3762122012	
CAPÍTULO 3	38
Atividade amilolítica de <i>Aspergillus</i> (Eurotiales, Aspergillaceae) isolado do solo no Norte do Piauí	
Mateus Oliveira da Cruz	
Maria de Fátima Dutra Freitas	
Maria Helena Alves	
DOI 10.22533/at.ed.3762122013	
CAPÍTULO 4	56
Análise enzimática de <i>Rhizopus</i> Ehrenb. (Mucorales, Mucoraceae) isolado de solo em Parnaíba, Piauí	
Mateus Oliveira da Cruz	
Clélia de Paula da Silva Costa	
Maria Helena Alves	
DOI 10.22533/at.ed.3762122014	
CAPÍTULO 5	71
Caracterização enzimática de táxons de Mucoromycota e Mortierellomycota (Mucoromyceta) isolados do solo no Piauí	
Mateus Oliveira da Cruz	
Clélia de Paula da Silva Costa	
Maria Helena Alves	
DOI 10.22533/at.ed.3762122015	

Capítulo 4

Análise enzimática de *Rhizopus* Ehrenb. (Mucorales, Mucoraceae) isolado de solo em Parnaíba, Piauí

Mateus Oliveira da Cruz
Clélia de Paula da Silva Costa
Maria Helena Alves

RESUMO

Microrganismos, como fungos do gênero *Rhizopus*, habitam o solo atuando na decomposição de matéria morta, sendo as enzimas mediadoras na decomposição e degradação de substratos específicos. As mesmas enzimas, por sua vez, podem ser aplicadas biotecnologicamente na produção de alimentos, bebidas, roupas, cosméticos e produtos farmacêuticos. Dessa forma, esta pesquisa objetivou a identificação e triagem de espécies de *Rhizopus* isoladas do solo de uma área da cidade de Parnaíba, Piauí, para detecção das enzimas: amilases, lipases e proteases. A área de coleta situa-se no Distrito Irrigado Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI), onde o solo foi coletado seguindo métodos clássicos de análise do solo. O meio de cultura, Ágar Martin, foi vertido sobre o solo em placas de Petri para o desenvolvimento das colônias e posterior isolamento. A identificação dos isolados seguiu-se a taxonomia clássica e molecular. Para a análise qualitativa da detecção de enzimas foi adotado o meio sólido com substrato específico. Os resultados revelaram seis isolados de

Rhizopus, os quais apresentaram diferenças morfológicas. No entanto, a identificação por análise molecular demonstrou que os seis isolados corresponderam a *Rhizopus arrhizus* var. *arrhizus*, táxon com ocorrência no Brasil somente para São Paulo e Pernambuco. Todos os isolados de *Rhizopus arrhizus* var. *arrhizus* apresentaram halo de degradação por amilases, lipases e proteases, sendo seus maiores halos de 8.1 mm, 8.1 mm e 8.6 mm, respectivamente. Com este estudo, registra-se a primeira ocorrência de *Rhizopus arrhizus* var. *arrhizus* para o Estado do Piauí apresentando isolados promissores quanto à produção de enzimas de alto valor biotecnológico.

PALAVRAS-CHAVE: biodiversidade fúngica; biotecnologia; fungos do solo.

1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais habitats de microrganismos, incluindo os fungos que o ocupam e contribuem para a manutenção dos ecossistemas através da ciclagem de nutrientes (CAVALCANTI et al., 2006). Entre os fungos isolados do solo encontram-se *Rhizopus* Ehrenb. (Mucorales, Mucoraceae), gênero que acomoda 13 táxons (WIJAYAWARDENE et al., 2020), caracterizado morfológicamente por seus esporângios apofisados, rizoides opostos ao esporangióforo e esporangiosporos ornamentados, além de outras características de Mucorales. *Rhizopus* é ressaltado como sendo de importância econômica pós-colheita em morango e batata por causar doenças, bem como a relevada importância médica devido a propriedade patogênica a humanos causando mucoromicoses (BENNY et al., 2016).

Rhizopus arrhizus foi descrito por Fischer em 1892, no entanto, Scholer (1970), baseado na semelhança morfológica, tornou *R. arrhizus* sinônimo de *Rhizopus oryzae* Went & Prinsen Geerl. Como a descrição de *R. arrhizus* possuía poucas informações de forma resumida, sem figuras, a maioria dos autores deram preferência à *R. oryzae* (WALTHER; WAGNER; KURZAI, 2019). Em 1985, Ellis designou um isolado ex-neótipo legitimando *R. arrhizus*. Por ser *R. arrhizus* a denominação mais antiga, esta possui prioridade e, conseqüentemente, *R. oryzae* tornou-se sinônimo de *R. arrhizus* (DOLATABADI et al., 2014).

Os trabalhos de Kocková-Kratochvílová e Palkoska (1958), Schipper (1984) e Schipper e Stalpers (1984) apresentam a classificação do gênero *Rhizopus* por taxonomia clássica baseando-se em características morfológicas, como crescimento das colônias, tamanho dos esporângios e ramificação dos rizoides. Schipper e Stalpers (1984) organizaram *Rhizopus* em três grupos: *R. microsporus*, *R. oryzae* e *R. stolonifer*. O estudo filogenético molecular realizado por Abe et al. (2006) consolida a organização deste gênero nos três grupos.

Zheng et al. (2007) reconhecem três variedades em *R. arrhizus*: var. *arrhizus*, var. *delemar* e var. *tonkinensis*. A var. *tonkinensis* não foi suportada pelo estudo molecular de Dolatabadi et al. (2014). *Rhizopus arrhizus* var. *delemar* se diferencia de *R. arrhizus* var. *arrhizus* morfológicamente e, principalmente, pela dilatação no esporangióforo, bastante comum na metade superior ou logo abaixo da hipófise, e esporangiosporos variando em forma e tamanho (ZHENG et al., 2007). O termo variedade é empregado na classificação para diferenciar indivíduos que se diferenciam dentro da espécie (ABE; ASANO; SONE, 2010).

Estudos filogenéticos moleculares separam as variedades de *Rhizopus arrhizus* em dois clados, *R. arrhizus* var. *arrhizus* e *R. arrhizus* var. *delemar*. A ausência do gene lactase desidrogenase A em *R. arrhizus* var. *delemar* é um dos fatores que fundamentam esta separação. Porém, a formação de zigósporos entre indivíduos dessas variedades, falta de

diferença na ecologia, epidemiologia e distribuição geográfica levam a continuidade das duas variedades em *R. arrhizus* (WALTHER; WAGNER; KURZAI, 2019). Outros estudos, como de Gryganskyi et al. (2018) adotam a classificação com os clados *R. arrhizus* e *R. delemar*. Tomando por base o estudo taxonômico de Mucorales realizado por Walther, Wagner e Kurzai (2019), foi adotado *R. arrhizus* var. *arrhizus* neste estudo.

Estudos sobre a classificação específica do gênero *Rhizopus* apresentam contradições. Em 2007, Zheng et al., considerando os aspectos morfológicos e a sistemática molecular, sinonimizaram e excluíram táxons culminando dez espécies e sete variedades no gênero *Rhizopus*. Em estudo posterior, Dolatabadi et al. (2014), baseados em análise molecular, morfológica e fisiológica, tornaram sinonímia todas as variedades de *R. microsporus* apresentadas por Abe et al. (2006) e Zheng et al. (2007). Apesar de ser um gênero de ampla distribuição e prevalência, a evolução das espécies de *Rhizopus* ainda é pouco esclarecida (GRYGANSKYI et al., 2018).

Para o Brasil são conhecidas quatro espécies (*Rhizopus arrhizus* A. Fisch., *Rhizopus homothallicus* Hesselt. & J.J. Ellis, *Rhizopus microsporus* Tiegh, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill) e duas variedades (*Rhizopus arrhizus* A. Fisch. var. *arrhizus*, *Rhizopus arrhizus* var. *delemar* (Wehmer & Hanzawa) J.J. Ellis) isoladas de excremento (SOUZA et al., 2017), solo, folheto (SANTIAGO, 2015) ou morango (LOPES et al., 2010). No Estado do Piauí não há registros de ocorrência de táxons do gênero *Rhizopus* (SANTIAGO, 2015).

Os fungos, como fonte para a produção de enzimas com fins biotecnológicos, possuem preferência sobre as plantas e os animais devido a facilidade e economia do processo (RAVEENDRAN et al., 2018). Alguns estudos têm analisado a produção de enzimas de interesse biotecnológico, como amilases, proteases (BENABDA et al., 2019) e lipases (ZHAO et al., 2019) por isolados de *Rhizopus*. Diante da grande importância biotecnológica das enzimas, Silva et al. (2017) ressaltam que a busca por microrganismos com potencial para a produção destas proteínas torna-se necessária.

As enzimas amilases, lipases e proteases apresentam grande aplicação industrial, sendo utilizadas para a produção de alimentos laticínios e bebidas (suco, vinho, cerveja), além de serem utilizadas no processo de panificação, produção de ração e de detergentes. Também têm sido aplicadas na indústria farmacêutica, têxtil, papel e em processos de recuperação ambiental (ORLANDELI et al., 2012; GUERRAND et al., 2017; RAZZAQ et al., 2019).

Amilases são enzimas que degradam a molécula de amido através da clivagem das ligações α -glicosídicas, sendo classificadas em α -amilase, β -amilase e amiloglicosidase (SILVA et al., 2017). Já as lipases são enzimas que aceleram a hidrólise de triglicerídeos (GUERRAND, 2017). Enquanto as enzimas proteases são aquelas dotadas da capacidade de

quebrar ligações peptídicas degradando proteínas (SOUZA et al., 2015) e são classificadas de acordo com a posição dos peptídeos que sofrem ação proteolítica, tipo do sítio ativo e pH de atividade (PIRES; FONSECA; SERUDO, 2019).

Dessa forma, esta pesquisa objetivou a identificação e triagem de espécies de *Rhizopus* isoladas do solo de uma área da cidade de Parnaíba, Piauí, para detecção das enzimas: amilases, lipases e proteases.

2. METODOLOGIA

2.1. Coleta e isolamento

A área de estudo está localizada no Distrito Irrigado Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI), na cidade de Parnaíba, Estado do Piauí, (3°01'49.91"S 41°46'17.09"O) (Figura 1). A área possui solo do tipo latossolo amarelo, argissolo vermelho amarelo e neossolo quartzarênico (SANTOS et al., 2013). Os sistemas de irrigação utilizados no perímetro da área são: micro-aspersão (47,35%), gotejamento (34,05%) e pivô-central (18,60%) (DENOCS, 1998).

As amostras de solo foram coletadas em pontos aleatórios, tanto nas áreas preservadas como de plantio de acerola e coco. Três Amostras de solo foram retiradas da superfície do solo e também à profundidade de 20 cm durante os períodos chuvosos (janeiro a março) de 2013. O solo foi coletado com auxílio de espátula/colher previamente esterilizada em álcool 70° GL e armazenado em sacos plásticos etiquetados contendo os dados de coleta, como superfície ou a 20 cm do solo, data e local de coleta. Após procedimentos de coleta, as amostras de solo foram transportadas para o laboratório de Botânica do Campus Ministro Reis Velloso, Parnaíba, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), atual Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr).

No laboratório, as amostras do solo foram homogeneizadas e distribuídas em placas de Petri seguindo o método placa de solo de Warcup (1950), sendo carreado em triplicata. Seguindo este método, 1g do solo foi depositado em placa de Petri esterilizada e vertido 15 mL do meio de cultura Ágar Martin (MARTIN, 1950) para cada placa.

O crescimento das colônias foi acompanhado por 72 horas à temperatura de 28±2°C e luminosidade ambientes. O isolamento e posterior purificação dos isolados, fragmentos das colônias de *Rhizopus*, foram transferidos separadamente para o meio Ágar Extrato de Malte (MEA) contido em placa de Petri e, após confirmada pureza, armazenado em tubos de ensaio contendo Ágar Batata Dextrose (BDA) (LACAZ et al., 2002) para posterior identificação.

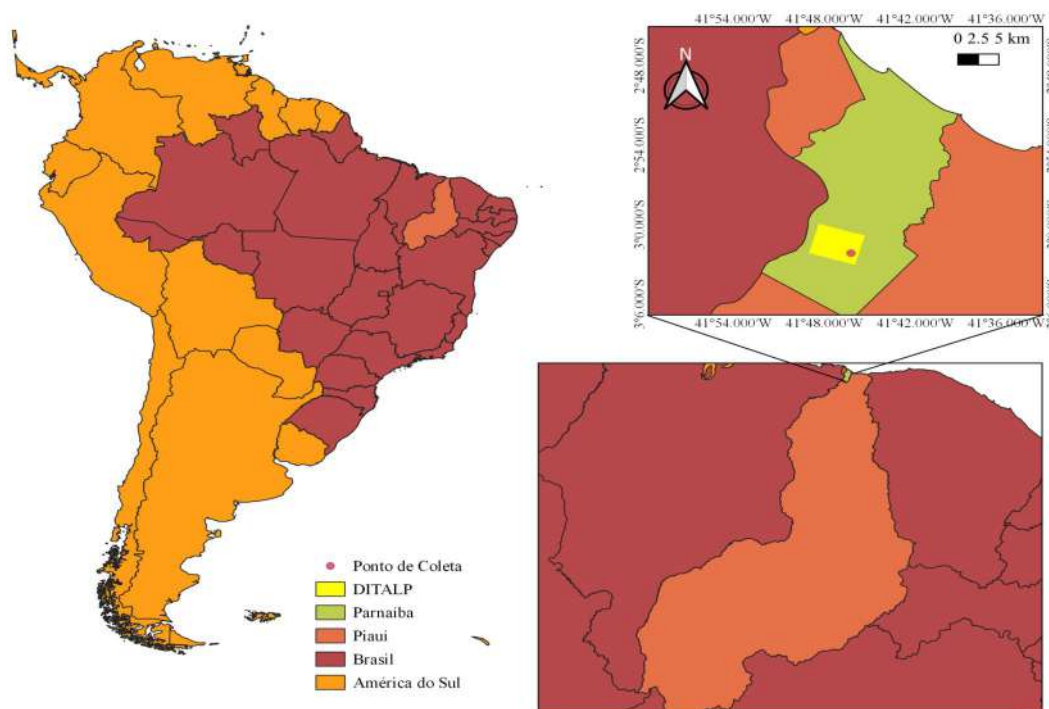


Figura 1 - Mapa de localização da área de coleta do solo.

Fonte: Os autores

2.2. Identificação morfológica dos isolados

A identificação clássica dos isolados foi realizada em culturas com cinco dias de desenvolvimento em MEA, sob temperatura ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$) e luminosidade ambientes. Características macromorfológicas, como tamanho, cor e textura das colônias foram analisadas. Na análise micromorfológica, como forma, coloração e tamanho das microestruturas de esporangióforos, esporângios e esporangiosporos foram observados com auxílio de um microscópio de luz Leica DM2000 usando objetiva de 40X, 80X e 100X. Azul de lactofenol foi usado em algumas observações para evidência das microestruturas. Os espécimes foram identificados seguindo as chaves de identificação e informações contidas na literatura pertinente ao gênero *Rhizopus*, como: Kocková-Kratochvílová e Palkoska (1958), Schipper (1984) e Zheng et al. (2007).

2.3. Identificação molecular dos isolados

2.3.1. Extração do DNA, amplificação e sequenciamento

A extração do DNA foi realizada a partir da transferência de fragmentos de micélio de culturas puras para microtubos de 2 ml, acrescentado 0,5 g de pérolas de vidro para

trituração do micélio, por meio de agitação em alta velocidade, em vórtex. Após a trituração do micélio, o DNA foi extraído seguindo a metodologia de Góes-Neto et al. (2005). A região ITS do rDNA foi amplificado utilizando os iniciadores ITS1 e ITS4 (SANTIAGO et al., 2013). Os resultantes amplificados foram purificados com PureLink – PCR Purification Kit (Invitrogen). As amostras foram enviadas para a Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Campus de Rio Claro, para o sequenciamento. As sequências foram alinhadas no CLUSTALX (LARKIN et al., 2007), editadas no software BioEdit (HALL, 1999) e comparadas com dados depositados no CBS Database (Fungal Biodiversity Centre).

2.4. Caracterização enzimática

Para a determinação do potencial enzimático dos isolados em estudo, utilizou-se o método qualitativo que consiste em cultivar os fungos em meio sólido específico para a produção da enzima e mensuração do halo quando formado.

As amostras fúngicas foram inoculadas em placas de Petri contendo BDA (LACAZ et al., 2002) para realização do cultivo monospórico, segundo metodologia proposta por Santos (2009). Após a obtenção da cultura monospórica, o micélio foi lavado com água destilada esterilizada e a suspensão assepticamente depositada em tubo de ensaio. Alíquota dessa suspensão foi removida para contagem em câmara de Neubauer sob microscópio óptico obtendo-se uma suspensão de 10^6 esporos/mL.

Para a verificação enzimática, uma alíquota da solução de esporos (50 μ l) foi transferida para poços de aproximadamente 5 mm nas placas contendo meios específicos para detecção das atividades enzimáticas tendo por base a metodologia abordada por Alves et al. (2002). As amostras foram armazenadas sob temperatura ($28\pm 2^\circ\text{C}$) e luminosidade ambientes.

O substrato específico para detecção de amilases, lipases e proteases foi 0,2% de amido solúvel (Merck), Tween 80 e 0,4% de gelatina-leite, respectivamente (HANKING; ANAGNOSTAKIS, 1975). A revelação do halo de amilases ocorreu com solução de lugol a 5% (m/v) vertido sobre a cultura. O halo de lipases e proteases são revelados sem o uso de solução. Com o auxílio de uma régua milimetrada, o diâmetro dos halos foi mensurado em colônias com 4 dias de desenvolvimento. Cada experimento foi carreado em triplicata. Análise estatística foi realizada usando o software Past (4.02).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado foram obtidos seis isolados do gênero *Rhizopus* presentes no solo de

áreas do Distrito Irrigado Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI). Os isolados foram previamente nomeados de 01–06 e apresentaram características morfológicas diferentes entre si. O isolado 04 apresentou esporangióforos mais curtos e o isolado 03 esporangióforos mais longos. Nos isolados 02 e 05 foram verificados esporangióforos de maior e menor diâmetro de largura, respectivamente. Enquanto os isolados 01 e 06 revelaram características semelhante e consideradas dentro do padrão apresentado pelo táxon.

A descrição dos esporangióforos variaram quanto ao padrão bifurcado e isolado, mas a coloração marrom e presença de dilatação no esporangióforo foram características de todos os isolados. Os esporangiosporos pouco variaram entre os isolados, medindo (5,0 – 6,0 µm × 3,0 – 3,5 µm), sendo ovoides e de parede estriada. Apenas o isolado 02 apresentou esporângio obovoide, os demais esporângios, globosos. Quanto ao tamanho, os esporângios pouco variaram, medindo 51–146 × 51–106 µm. A parede dos esporângios também diferiu entre os isolados, sendo que os isolados 02 e 04 apresentaram parede lisa e os demais parede espinulada (Quadro 1).

AMOSTRA	COMPRIMENTO DO ESPORANGIOFORO (µm)	LARGURA DO ESPORANGIOFORO (µm)	DESCRIÇÃO DO ESPORANGIOFORO	COMPRIMENTO DOS ESPORANGIOSPOROS (µm)	LARGURA DOS ESPORANGIOSPOROS (µm)	DESCRIÇÃO DOS ESPORANGIOSPOROS	COMPRIMENTO DO ESPORÂNGIO (µm)	LARGURA DO ESPORÂNGIO (µm)	DESCRIÇÃO DO ESPORÂNGIO
01	525	8.0	Marrom com dilatação, bifurcado	5.0	3.0	Lim oniformes e estriados	79	79	Globo a subglob. espinulado
02	603	9.0	Marrom, com dilatação, isolado	6.0	3.0	Lim oniformes e estriados	146	106	Obovoide, liso
03	495	8.0	Marrom, com dilatação, bifurcado e isolado	5.0	3.0	Lim oniformes e estriados	70	70	Globo a subglob. espinulado
04	150	7.0	Marrom, com dilatação, bifurcado	5.0	3.0	Lim oniformes e estriados	51	51	Globo a subglob., liso
05	315	6.0	Marrom, com dilatação, bifurcado e isolado	5.0	3.0	Lim oniformes e estriados	63	63	Globo a subglob. espinulado
06	472	7.0	Marrom, com dilatação, bifurcado	6.0	3.0	Lim oniformes e estriados	72	72	Globo a subglob. espinulado

Quadro 1. Características morfológicas de *Rhizopus* isolado do solo de áreas do Distrito Irrigado Tabuleiros Litorâneos do Piauí.

Fonte: autores.

Diante das diferenças morfológicas demonstradas pelos isolados em suas características, considerou-se necessária a análise molecular dos mesmos, sendo revelado similaridade de 100% entre os isolados analisados (Figura 2) e, quando comparados com sequências moleculares em bancos de dados públicos, o CBS Database (Fungal Biodiversity Centre) indicou similaridade com *Rhizopus arrhizus* Fisch. var. *arrhizus*.

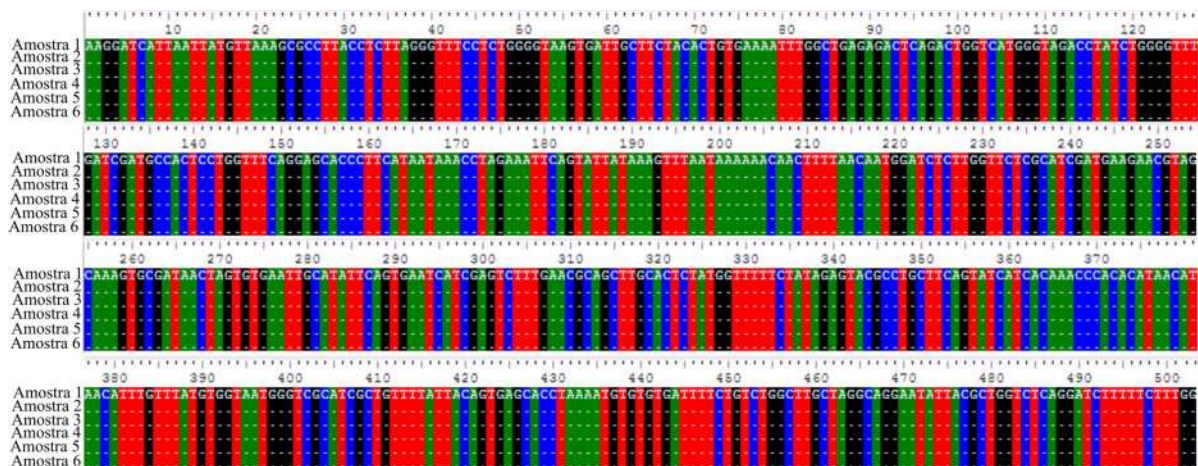


Figura 2. Sequências das amostras 01 – 06, com 100% de similaridade entre si.
 Fonte: autores.

Na descrição morfológica apresentada por Kratochvílová e Palkoska (1958) de forma resumida, *Rhizopus arrhizus* apresenta esporangióforo com mais de 150 µm de comprimento e esporangiosporos com 5–7 µm de diâmetro, assim como os isolados identificados neste estudo. Além do mais, os isolados 01–06, assemelham-se com a descrição apresentada na Monografia de *Rhizopus* por Zhen et al. (2007), que descrevem *R. arrhizus* var. *arrhizus* com esporangióforo medindo (117–)293–950(–1740) µm em comprimento e (7–)9–18(–23) µm diâm. em largura, apresentando coloração marrom; esporângio globoso a subgloboso medindo (47–)71–176(–224)µm diâm; esporangiosporos ovóides, estriados medindo (4–) 5–8 (–9) × (3,5–) 4–7 (–8) µm.

Isolados de um mesmo táxon de fungo podem variar morfológicamente dificultando a identificação por taxonomia clássica, assim como apresentado neste trabalho. Com isso, a análise molecular é uma contribuição para esta taxonomia, sendo bastante usada nos estudos sobre aspectos taxonômicos de fungos filamentosos, como do gênero *Rhizopus* (GRYGANSKYI et al., 2018).

Rhizopus arrhizus var. *arrhizus* está entre os táxons com maior número de isolados identificados segundo bancos de dados, como Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, GenBank e PubMed (GRYGANSKYI et al., 2018). No Brasil, este táxon tem sido isolado de

folheto (SCHOENLEIN-CRUSIUS; MILANEZ, 1997), solo (SANTIAGO; SANTOS; MAIA, 2013) e excremento (SOUZA et al., 2017). No que se refere a distribuição geográfica para o Brasil, o referido táxon apresenta ocorrência somente para São Paulo (Sudeste) e Pernambuco (Nordeste) (SANTIAGO, 2015).

Quanto à caracterização enzimática, tabela 1, todos os isolados apresentaram halo de degradação por amilases, lipases e proteases. Os maiores halos de amilases foram apresentados pelos isolados 03 (8.1 mm diâm.), 06 (7.9 mm diâm.) e 04 (7.4 mm diâm.). Alguns dos resultados para amilases diferenciaram entre si estatisticamente. Os maiores halos de degradação por proteases foram apresentados pelos isolados 01, 04 (8.1 mm diâm.) e 03 (8.0 mm diâm.). Os resultados para proteases também não apresentaram diferença segundo o teste Tukey. Quanto à detecção da produção de lipases, os isolados 03, 04 e 06 apresentaram os maiores halos (8.6 mm diâm., 8.2 mm diâm. e 7.8 mm diâm., respectivamente).

Tabela 1 - Caracterização enzimática do halo em milímetro (mm) de *Rhizopus arrhizus*

TÁXON	ISOLADO	ATIVIDADE ENZIMÁTICA		
		AMILASES	PROTEASES	LIPASES
<i>Rhizopus arrhizus</i> var. <i>arrhizus</i>	1	5.0 b	8.1 a	6.6 bc
	2	7.3 a	7.8 a	5.5 c
	3	8.1 a	8.0 a	8.6 a
	4	7.6 a	8.1 a	8.2 a
	5	6.6 ab	7.0 a	5.8 c
	6	7.9 a	7.4 a	7.8 ab

Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Fonte: autores.

No estudo sobre produção de enzimas extracelular por *Rhizopus* e *Mucor*, de Thompson e Eribo (1984), o isolado de *R. arrhizus* não apresentou halo de degradação por amilases e proteases, diferindo dos isolados aqui testados que formaram halo por estas enzimas. O isolado de Thompson e Eribo (1984) apresentou produção de lipases com halo menor (1–2,5 mm) que os formados pelos isolados deste estudo, sendo considerada baixa produção pelos mesmos autores.

A análise qualitativa sobre a produção de enzimas, que corresponde a detecção da formação de halo enzimático, é pouco explorada. No entanto, a análise qualitativa é primordial para a seleção de produtores de enzimas promissores para consequente análise quantitativa. Estudos quantitativos sobre bioprospecção de *Rhizopus* utilizando resíduos industriais e alternância entre fonte de carbono tem apresentado a produção de amilases

(FREITAS et al., 2014), lipases (KOTOGÁN et al., 2014) e proteases (KUMAR et al., 2005).

Fungos do gênero *Rhizopus* são pouco explorados com relação a detecção de enzimas extracelulares. No entanto, a facilidade de manipulação desses fungos e o rápido desenvolvimento dos mesmos são aspectos promissores para maior exploração dos mesmos quanto à produção de enzimas de interesse biotecnológico.

4. CONCLUSÃO

Um táxon de Mucorales já conhecido para a ciência, *Rhizopus arrhizus* var. *arrhizus*, é registrado pela primeira vez para o estado do Piauí, contribuindo para o conhecimento da diversidade de fungos para o estado, assim como para o Brasil. A formação de halo de degradação por amilases, lipases e proteases produzida por *R. arrhizus* var. *arrhizus* vem contribuir para o conhecimento do potencial biotecnológico de fungos filamentosos. Enquanto a análise qualitativa da detecção de enzimas por *R. arrhizus* var. *arrhizus* demonstrou que os isolados são promissores para que haja posteriores estudos quantitativos e de purificação enzimática.

5. REFERÊNCIAS

ABE, A., ODA, Y.; ASANO, K.; SONE, T. The molecular phylogeny of the genus *Rhizopus* based on rDNA sequences. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, [Tokyo], v. 70, p. 2387-2393, 2006.

ABE, A.; ASANO, K.; SONE, T. A Molecular Phylogeny-Based Taxonomy of the genus *Rhizopus*. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, [Tokyo], v. 74, n. 7, p. 1325-1331, 2010.

ALVES, M. H.; TAKAKI, G. M. C.; PORTO, A. L. F.; MILANEZ, A. I. Screening of *Mucor* spp. for production of amylase, lipase, polygalacturonase and protease. **Brazilian Journal of Microbiology**, [Rio de Janeiro], v. 33, p. 325-330, 2002.

BENABDA, O.; M'HIR, S.; KASMI, M.; MNIF, W.; MOKTAR, H. Optimization of Protease and Amylase Production by *Rhizopus oryzae* cultivated on Bread Waste Using Solid-State Fermentation. **Journal of Chemistry**, [Nova Iorque], v. 2019, p. 1-9, 2019.

BENNY, G. L.; SMITH M. E.; KIRK, P. M.; TRETTER, E. D.; WHITE, M. M. **Challenges and Future Perspectives in the Systematics of Kickxellomycotina, Mortierellomycotina, Mucoromycotina, and Zoopagomycotina**. In: LI, D.W. (org.). *Biology of Microfungi, Fungal Biology*. 1. Ed. Switzerland: Springer International Publishing, p. 65–126, 2016.

CAVALCANTI, M. A. Q.; OLIVEIRA, L. G.; FERNANDES, M. J.; LIMA, D. M. Fungos

filamentosos isolados do solo em municípios na região Xingó, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [São Paulo], v. 20, n. 4, p. 831-837, 2006

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS. **Distrito de Irrigação Tabuleiros: Litorâneos do Piauí**. 1998. Disponível em: https://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/pi/tabul_litoraneos. Acesso em: 28 jul. 2020.

DOLATABADI, S.; WALTHER, G.; GERRITS VAN DEN ENDE, A. H. G.; HOOG, G. S. Diversity and delimitation of *Rhizopus microsporus*. **Fungal Diversity**, [Hong Kong], v. 64, p. 145-163, 2014.

ELLIS, J. J. Species and varieties in the *Rhizopus arrhizus-Rhizopus oryzae* group as indicated by their DNA complementarity. **Mycologia**, [Lancaster], v. 77, n. 2, p. 243-247, 1985.

FREITAS, A. C.; ESCARAMBONI, B.; CARVALHO, A. F. A.; LIMA, V. M. G.; OLIVANETO, P. Production and application of amylases of *Rhizopus oryzae* and *Rhizopus microsporus* var. *oligosporus* from industrial waste in acquisition of glucose. **Chemical paper**, [Switzerland], v. 68, n. 4, p. 442-450, 2014.

FISCHER, A. **Die Pilze Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz**. 1 ed. Londres: Johnson Reprint. 1892.

GÓES-NETO, A.; LOGUERCIO-LEITE, C.; GUERRERO, R. T. DNA extraction from frozen field collected and dehydrated herbarium fungal basidiomata: performance of SDS and CTAB- base methods. **Biotemas**, [Florianópolis], v. 18, p. 19-32, 2005.

GRYGANSKYI, A. P.; GOLAN, J.; DOLATABADI, S.; MONDO, S.; ROBB, S.; IDNURM A.; MUSZEWSKA, A.; STECZKIEWICZ, K.; MASONJONES, S.; LIAO, H.; GAJDECZKA, M. T.; ANIKE, F.; VUEK, A.; ANISHCHENKO, I. M.; VOIGT, K.; HOOG, S. G.; SMITH, M. E., HEITMAN, J., VILGALYS, R., STAJICH, J. E. Phylogenetic and phylogenomic definition of *Rhizopus* species. **PLoS One**, [São Francisco], v. 5, p. 1-41, 2018.

GUERRAND, D. Lipases industrial applications: focus on food and agroindustries. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 3-7, 2017.

HALL, T. A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. **Nucleic Acids Symposium Series**, [Oxford], v. 41, p. 95-98, 1999.

HANKIN, L.; ANAGNOSTAKIS, S. L. The use of solid media for detection of enzyme production by fungi. **Mycologia**, [Lancaster], v. 67, p. 597-607, 1975.

KOCKOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ, A.; PALKOSKA, V. A. Taxonomic Study of the Genus

Rhizopus Ehrenberg. **Preslia**, [Praga], v. 30, p. 150-164, 1958.

KOTOGÁN, A.; NÉMETH, B.; VÁGVÖLGYI, C.; PAPP, T. TAKÓ, M. Screening for Extracellular Lipase Enzymes with Transesterification Capacity in Mucoromycotina Strains. **Food Technology & Biotechnology**, [Zagreb], v. 52, n. 1, p. 73-82, 2014.

KUMAR, S.; SHARMA, N. S.; SAHARAN, M. R.; SINGH, R. Extracellular acid protease from *Rhizopus oryzae*: purification and characterization. **Process Biochemistry**, [Essex], v. 40, p. 1701-1705, 2005.

LACAZ, C.S.; PORTO, E.; MARTINS, J. E. C. M.; HEIS-VACCARI, E. M.; MELO, N. T. **Tratado de Micologia Médica**. 9. ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

LARKIN, M. A.; BLACKSHIELDS, G.; BROWN, N.P.; CHENNA, R.; MCGETTIGAN, P. A.; MCWILLIAM, H.; VALENTIN, F.; WALLACE, I. M.; WILM, A.; LOPEZ, R.; THOMPSON, J. D.; GIBSON, T. J.; HIGGINS, D. G. Clustal Wand Clustal X version 2.0. **Bioinformatics**, [Oxford], v. 23, p. 2947-2948, 2007.

LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; PEREIRA, O. L.; LOPES, U. N.; RICCI, P. C; COSTA, A. F. Doenças em pós-colheita de morango na região serrana do Espírito Santo. **Horticultura Brasileira**, [Brasília], v. 28, p. 1066-1072, 2010.

MARTIN, J. P. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil Science**, [Reino Unido], v. 69, n. 3, p. 215-232. 1950.

ORLANDELI, R.C.; SPECIAN, V.; FELBER, A.C.; PAMPHILE, J.A. Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. **SaBios: Revista Saúde e Biologia**, [Campo Mourão], v. 7, n. 3, p. 97-109, 2012.

PIRES, C. B. A.; FONSECA, J. S.; SERUDO, R. L. Proteases produzidas por microorganismos na região amazônica. **Scientia Plena**, [Aracajú], v. 8, n. 1, p.15-33, 2019.

RAVEENDRAN, S.; PARAMESWARAN, B.; UMMALYMA, S. B.; ABRAHAM, A.; MATHEW, A. K.; MADHAVAN, A.; REBELLO, S.; PANDEY, A. Applications of Microbial Enzymes in Food Industry. **Food Technology & Biotechnology**, [Zagreb], v. 56, n. 1, p. 16-30, 2018.

RAZZAQ, A.; SHAMSI, S.; ALI, A.; ALI, Q.; SAJJAD, M.; MALIK, A.; ASHRAF, M. Microbial proteases applications. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, [Lausanne], v. 7, n. 110, p. 1-20, 2019.

SANTIAGO, A. L. C. M. A. **Mucorales**. Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em:
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do?invalidatePageControlCounter=1&idsFilhosAlgas=%5B2%5D&idsFilhosFungos=%5B1%2C10%2C11%5D&lingua=&grupo=1&familia=null&ordem=null&genero=>

Rhizopus&especie=&autor=&nomeVernaculo=&nomeCompleto=&formaVida=null&substrato=null&ocorreBrasil=QUALQUER&ocorrencia=OCORRE&endemismo=TODOS&origem=TODOS®iao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODOS&mostrarAte=SUBESP_VAR&opcoesBusca=TODOS_OS_NOMES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica. Acesso em: 03 ago. 2020.

SANTIAGO, A. L. C. M. A.; HOFFMANN, K.; LIMA, D. X.; OLIVEIRA, R. J. V.; VIEIRA, H. E. E.; MALOSSO, E. MAIA, L. C.; SILVA, G. A. A new species of *Lichtheimia* (Mucoromycotina, Mucorales) isolated from Brazilian soil. **Mycological Progress**, [Londres], v. 13, p. 343-353, 2013.

SANTIAGO, A. L. C. M. A.; SANTOS, P. J. P.; MAIA, L. C. Mucorales from the semiarid of Pernambuco, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**. [Rio de Janeiro], v. 44, n. 1, p. 1678-4405, 2013.

SANTOS, F. J.; FERREIRA, J. M. S.; RIBEIRO, V. J. O.; OLIVEIRA, A. C. L.; AZEVEDO, A.G.C. **Protocolo para produção massal de fungos entomopatogênicos II- *Hirsutella thompsonii* (Fischer)**. 1 ed. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T.; JARBAS, F. OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

SCHIPPER, M. A. A. A revision of the genus *Rhizopus*. I. The *Rhizopus stolonifer*-group and *Rhizopus oryzae*. **Studies in Mycology**, [Baarn], v. 25, p. 1-34, 1984.

SCHIPPER, M. A. A.; STALPERS, J.A. A revision of the genus *Rhizopus*. II. The *Rhizopus microsporus*-group. **Studies in Mycology**, [Baarn], v. 25, p. 20-34, 1984.

SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; MILANEZ, A. I. Mucorales (Zygomycotina) da Mata Atlântica da Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, Santo André, SP. **Acta Botânica Brasileira**, [São Paulo], v. 11, n. 1. p. 95-101. 1997.

SCHOLER, H. J. **Mucormykosen bei Mensch und Tier. Taxonomie der Erreger. Chemotherapie im Tierexperiment und in der Klinik**. 1970. Tese de Doutorado – Universidade de Basel, Suíça. 1970.

SILVA, L. A. F.; CARVALHO, S. A.; FILHO, D. F., ALVES, M. F.; SILVA, N. L. T.; GOMES, J. R.; SANTOS, K. S. Produção de amilase por fungo filamentoso endofítico em fermentação submersa. **Caderno de Ciências Agrárias**, [Montes Claros], v. 9, n. 3, p. 49-53, 2017.

SOUZA, C. A. F.; LIMA, D. X.; GURGEL, L. M. S.; SANTIAGO, A. L. C. M. A. Coprophilous Mucorales (ex Zygomycota) from three areas in the semi-arid of Pernambuco,

Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, [Rio de Janeiro], v. 48, p.79-86, 2017.

SOUZA, P. M.; BITTENCOURT, M. L. A.; CAPRARA, C. C., FREITAS, M.; ALMEIDA, R. P. C.; SILVEIRA, D.; FONSECA, Y. M.; FILHO, E. X.F., JUNIOR, A. P., MAGALHÃES, P. O. A biotechnology perspective of fungal proteases. **Brazilian Journal of Microbiology**, [Rio de Janeiro], v. 46, n. 2, p. 337-346, 2015.

THOMPSON, D. P.; ERIBO, B. E. Extracellular enzyme production by *Rhizopus* and *Mucor* species on solid media. **Canadian Journal of Microbiology**, [Ottawa], v. 30, p. 126-128, 1984.

WALTHER, G.; WAGNER, L.; KURZAI, O. Updates on the Taxonomy of Mucorales with an Emphasis on Clinically Important Taxa. **Journal of Fungi**, [Basel], v. 5, n. 106, p. 2-23, 2019.





WARCUP, J. H. **The soil-plate method for isolation of fungi from soil**. Nature, [Reino Unido], v. 166, n. 4211, p. 117-118. 1950.

WIJAYAWARDENE, N. N.; HYDE, K. D.; AL-ANI, L. K. T.; TEDERSOO, L.; HAELEWATERS, D.; RAJESHKUMAR, K. C.; ZHAO, R. L.; APTROOT, A.; LEONTYEV, D. V.; SAXENA, R. K.; TOKAREV, Y. S.; DAI, D. Q.; LETCHER, P. M.; STEPHENSON, S. L.; ERTZ, D.; LUMBSCH, H.T.; KUKWA, M.; ISSI, I.V.; MADRID, H.; PHILLIPS, A. J. L.; SELBMANN, L.; PFLIEGLER, W. P.; HORVÁTH, E.; BENSCH, K.; KIRK, P. M.; KOLAŘÍKOVÁ, K.; RAJA, H. A.; RADEK, R.; PAPP, V.; DIMA, V.; MA, J.; MALOSSO, E.; TAKAMATSU, S.; RAMBOLD, G.; GANNIBAL, P. B.; TRIEBEL, D.; GAUTAM, A. K.; AVASTHI, S.; SUETRONG, S.; TIMDAL, E.; FRYAR, S.C.; DELGADO, G.; RÉBLOVÁ, M.; DOILOM, M.; DOLATABADI, S.; PAWŁOWSKA, J. Z.; HUMBER, R. A.; KODSUEB, R.; SÁNCHEZ-CASTRO, I.; GOTO, B. T.; SILVA, D. K. A.; SOUZA, F. A.; OEHL, F.; SILVA G. A.; SILVA, I. R.; BŁASZKOWSKI, J.; JOBIM, K.; MAIA, L. C.; BARBOSA, F. R.; FIUZA, P. O.; DIVAKAR, P. K.; SHENOY, B. D.; CASTAÑEDA-RUIZ, R. F.; SOMRITHIPOL, S.; LATEEF, A. A.; KARUNARATHNA, S. C.; TIBPROMMA, S.; MORTIMER, P. E.; WANASINGHE, D. N.; PHOOKAMSAK, R.; XU, J.; WANG, Y.; TIAN, F.; ALVARADO, P.; LI, D. W.; KUŠAN, I.; MATOČEC, N.; MEŠIĆ, A.; TKALČEC, Z.; MAHARACHCHIKUMBURA, S. S. N.; PAPIZADEH, M.; HEREDIA, G.; WARTCHOW, F.; BAKHSHI, M. B.; OEHM, E.; YOUSSEF, N.; HUSTAD, V. P.; LAWREY, J. D.; SANTIAGO, A. L. C. M. A.; BEZERRA, J. D. P.; SOUZA-MOTTA, C. M.; FIRMINO, A. L.; TIAN, Q.; HOUBRAKEN, J.; HONGSANAN, S.; TANAKA, K.; DISSANAYAKE, A. J.; MONTEIRO, J. S.; GROSSART, H. P.; SUIJA, A.; WEERAKOON, G.; ETAYO, J.; TSURYKAU, A.; VÁZQUEZ, V.; MUNGAI, P.; DAMM, U.; LI, Q.R.; ZHANG, H.; BOONMEE, S.; LU, Y. Z.; BECERRA, A. G.; KENDRICK, B.; BREARLEY, F. Q.; MOTIEJŪNAITĖ, J.; SHARMA, B.; KHARE, R.; GAIKWAD, S.; WIJESUNDARA, D. S. A.; TANG, L. Z.; HE, M. Q.; FLAKUS, A.; RODRIGUEZ-FLAKUS, P.; ZHURBENKO, M. P.; MCKENZIE, E. H. C.; STADLER, M.; BHAT, D. J.; LIU, J. K.; RAZA, M.; JEEWON, R.; NASSONOVA, E. S.; PRIETO, M.; JAYALAL, R. G. U.; ERDOĞDU, M.; YURKOV, A.; SCHNITTLER, M.; SHCHEPIN, O. N.; NOVOZHILOV, Y. K.; SILVA-FILHO, A. G. S.; GENTEKAKI,





E.; LIU, P.; CAVENDER, J. C.; KANG, Y.; MOHAMMAD, S.; ZHANG, L. F.; XU, R. F.; LI, Y. M.; DAYARATHNE, M. C.; EKANAYAKA, A. H.; WEN, T. C.; DENG, C. Y.; PEREIRA, O. L.; NAVATHE, S.; HAWKSWORTH, D. L.; FAN, X. L.; DISSANAYAKE, L. S.; KUHNERT, E.; GROSSART, H. P.; THINES, M. Outline of Fungi and fungus-like taxa. **Mycosphere**, [Chiang Rai], v. 11, n. 1, p. 1060-1456, 2020.

ZHAO, J. F.; LIN, J. P.; YANG, L. R. WU, M. B. Enhanced Performance of *Rhizopus oryzae* Lipase by Reasonable Immobilization on Magnetic Nanoparticles and Its Application in Synthesis 1,3-Diacylglycerol. **Applied Biochemistry Biotechnology**, [Clifton], v. 188, n. 3, p. 677-689, 2019.

ZHENG, R. Y.; CHEN, G. Q.; HUANG, H.; LIU, X. Y. A monograph of *Rhizopus*. **Sydowia**, [Horn], v. 59, p. 273-372, 2007.

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Fungos do ar e solo: do isolamento à detecção enzimática

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Fungos do ar e solo: do isolamento à detecção enzimática