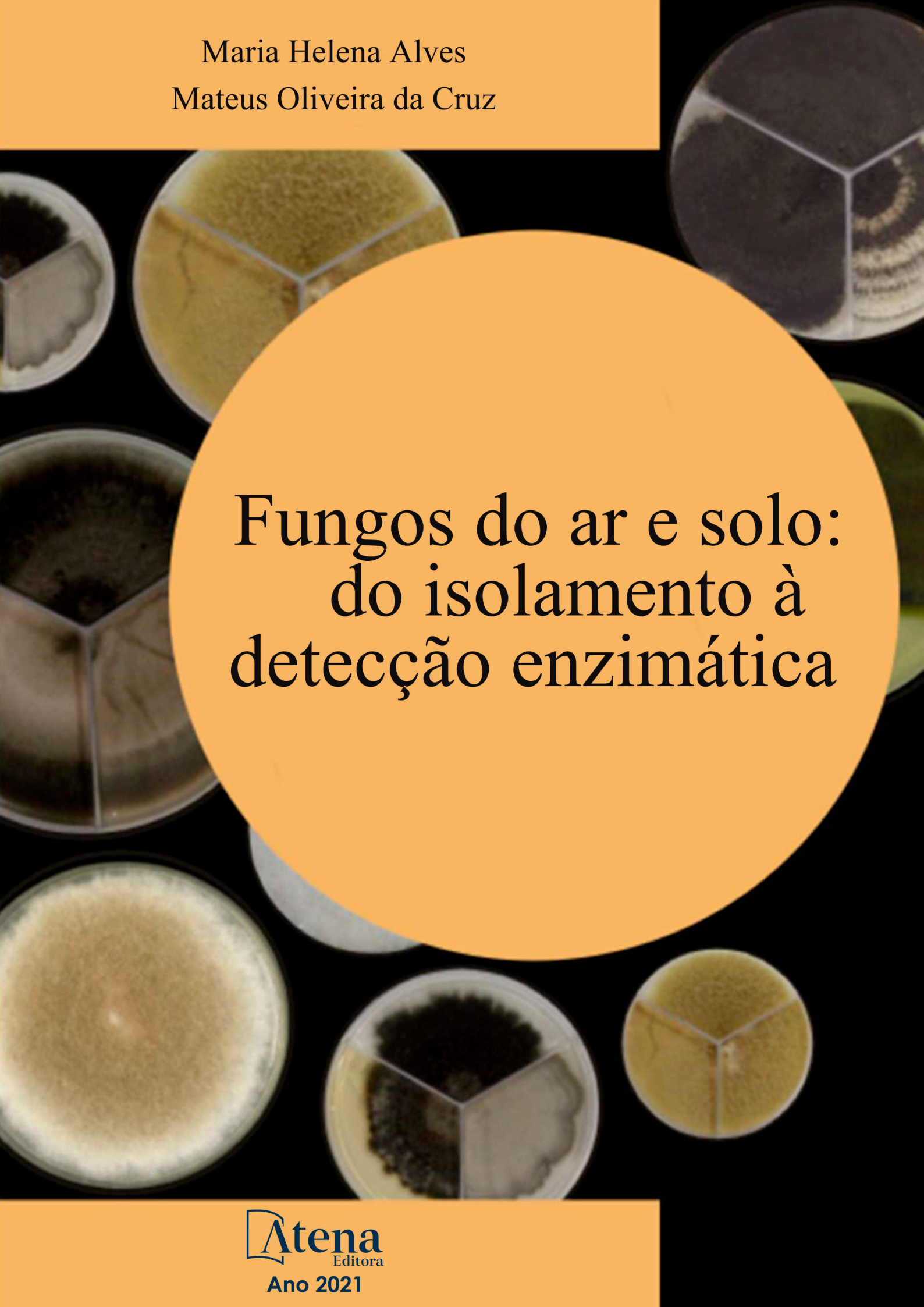



Maria Helena Alves  
Mateus Oliveira da Cruz

The background of the cover is a collage of several petri dishes containing different types of fungal cultures. The cultures vary in color, including white, yellow, green, and dark brown. Some dishes are divided into sections, showing different growth patterns or stages of the fungi. A large, semi-transparent orange circle is centered over the dishes, containing the title text.

# 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 expansion, concentric rings, and distinct sectors. The colors range from dark to light, indicating different species or stages of growth.

# 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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	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	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	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	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	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	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	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	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	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 5

## 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

### RESUMO

O solo é o principal reservatório da biodiversidade, sendo um dos habitats de fungos do Mucoromycota e Mortierellomycota (Sub-reino Mucoromyceta), táxons basais que apresentam grande importância como decompositores e na aplicação biotecnológica onde o homem é beneficiado pela ampla aplicação dos microrganismos desses grupos na produção de vários produtos. Entre as substâncias excretadas pelos fungos durante seu metabolismo, tem-se as enzimas amilases, lipases e proteases, enzimas essas de grande relevância no uso industrial. O objetivo deste estudo foi isolar e identificar fungos de Mucoromycota e Mortierellomycota do solo em áreas da região Norte do Piauí, bem como realizar a caracterização enzimática quanto à produção de amilases, lipases e proteases. Amostras do solo foram coletadas e o isolamento dos fungos realizado de acordo com a metodologia clássica em microbiologia do solo. Para a identificação dos isolados foi adotado a taxonomia clássica e posteriormente realizado a análise qualitativa da produção de

enzimas. Como resultado, foram identificados *Lichtheimia ramosa*, *Cunninghamella echinulata*, *Rhizopus arrhizus*, *Mucor plumbeus*, *Syncephalastrum racemosum*, *Mortierella* sp. 1 e *Mortierella* sp. 2. Dentre os sete táxons, cinco ao nível específico foram submetidos à detecção enzimática e todos sinalizaram positivos para a produção de ao menos duas enzimas. O isolado de *R. arrhizus* apresentou halo de degradação para amido, lipídio e proteína, sendo os mesmos maiores que os formados pelos demais. O presente estudo corrobora com o conhecimento da diversidade de fungos no estado do Piauí, apresentando cinco táxons promissores para aplicação industrial. Entretanto, se faz necessário estudos posteriores para maior exploração enzimática destes fungos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biotecnologia de fungos; Fungos zigospóricos; Microbiologia do solo.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo, principal reservatório da diversidade biológica na biosfera, é um sistema heterogêneo, complexo e dinâmico, tendo os microrganismos a sua fração viva desempenhando processos essenciais a sua manutenção e funcionalidade. Tais características do solo o proporcionam a formação de micro-habitats que variam em função das propriedades químicas, físicas e da disponibilidade de nutrientes. A formação destes micro-habitats está intrinsecamente relacionada à agregados do solo que consiste em um complexo de areia, argila, silte e matéria orgânica que favorece suporte físico de aderência aos microrganismos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

Entre os microrganismos disponíveis no solo encontram-se os fungos, fundamentais na decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A microbiota do solo é amplamente representada pelos filos Deuteromycota, Mucoromycota e Mortierellomycota, sendo que os dois últimos fazem parte do Sub-reino Mucoromycota Tedersoo et al., os quais são caracterizados pela formação de zigósporos produzidos na reprodução sexuada por conjugação gametangial e por apresentarem esporângio, esporângio, esporangiosporos e clamidosporos, estruturas especializadas na reprodução assexuada. Estes fungos apresentam hifas irregularmente septadas e hifas especializadas, como rizoides e estolões, que atuam na absorção de nutrientes e dispersão de estruturas reprodutivas, respectivamente (KIRK et al., 2008).

Mucoromycota acomoda Mucorales Fries, a mais diversa ordem de Mucoromycota, constituída de 55 gêneros (WIJAYAWARDENE et al., 2020). Os gêneros *Absidia* Tieghem, *Lichtheimia* Vuillemin, *Mucor* Fresen, *Rhizopus* Ehrenberg e *Syncephalastrum* J. Schröter são os mais comuns em estudos sobre Mucoromycota (LIMA; SANTIAGO; SOUZA-MOTTA, 2015; LIMA et al., 2018). Representantes de Mucorales, em sua maioria, são considerados saprófitos, mas também podem ser parasitas de outros fungos, patógenos de plantas e causadores de doenças infecciosas a humanos, as mucoromicoses (HOFFMANN et al., 2013).

Em Mortierellomycota tem-se Mortierellales Cavalier-Smith, ordem que apresenta *Mortierella* Coemans, táxon tipo e o mais conhecido deste filo. Representado atualmente por 112 espécies descritas (WIJAYAWARDENE et al., 2020), sendo caracterizado por apresentar esporangióforo simples ou de ramificação variada, com esporângio em sua parte terminal podendo acompanhar uma vesícula na base. Os esporângios são globosos com um único esporangiosporo ou múltiplos. Representantes deste gênero são frequentemente isolados do solo (NGUYEN et al., 2019).

No Brasil, alguns estudos têm sido realizados a fim de se conhecer a diversidade de

Mucoromycota isolados a partir de amostras do solo da Reserva Ecológica de Dois Irmãos. Como Mortierellales era acomodada em Mucoromycotina (HIBBETT et al., 2007), tais estudos consideram táxons de Mortierella.

Fungos da ordem Mucorales e Mortierellales têm sido explorados quanto à produção de compostos aplicados biotecnologicamente (ESPOSITO; AZEVEDO, 2010). *Mucor circinelloides* Tieghem e *Mucor hiemalis* Wehmer são apresentadas como produtoras de biossurfactantes, substâncias de grande aplicação comercial (MARQUES et al., 2019; FERREIRA et al., 2020). Enquanto *Lichtheimia hyalospora* (Saito) Kerst. Hoffman, Walther & K. Voigt e *Mucor subtilissimus* Oudemans têm sido promissoras na produção de quitosana, polímeros aplicados em diversas áreas (SOUZA et al., 2020). *Mortierella alliacea* Linnemann é mencionada como produtora de glucosidase, importante enzima que degrada polissacarídeos (TANAKA et al., 2002). Outras espécies têm sido exploradas também na produção de antimicrobianos, lipídios, enzimas e na fermentação de alimentos (BENTO et al., 2009; HUANG et al., 2016; SATARI; KARIMI, 2017).

Entre as enzimas produzidas por fungos tem-se as amilases, lipases, proteases, dentre outras. As amilases são enzimas especializadas em quebrar amido formando dextrina e glicose (GUPTA et al., 2003). Lipases são enzimas que atuam na hidrólise de triacilgliceróis liberando ácidos graxos e glicerol (GUERRAND, 2017). Já as proteases, também denominadas enzimas proteolíticas, degradam proteínas quebrando ligações peptídicas (SOUZA et al., 2015). Tais enzimas apresentam grande aplicação biotecnológica na produção de medicamentos, papel, bebidas, alimentos, ração animal, produtos químicos, biodiesel e detergentes. Adicionalmente, possuem aplicação na indústria têxtil e no tratamento de efluentes (SINGH et al., 2016).

Estudos têm apresentado os fungos de Mucoromycota e Mortierellomycota como promissores para produção das citadas enzimas. Assim, o consecutivo estudo realizando a triagem de microrganismos para produção de enzimas é fundamental para o delineamento de isolados fúngicos com maior potencial biotecnológico (ESPOSITO; AZEVEDO, 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi isolar e identificar fungos de Mucoromycota e Mortierellomycota do solo em áreas da região Norte do Piauí, bem como realizar a caracterização enzimática quanto à produção de amilases, lipases e proteases.

## 2. METODOLOGIA

Amostras de solo foram coletadas durante o período de Outubro de 2012 a Maio de 2013 em área de Mangue, no Município de Luiz Correia, PI (2°53'45.32"S 41°40.20' 71"O),

na Embrapa Meio Norte/UEP de Parnaíba (3°04'49" S 41°46'50" O) e em áreas do Distrito Irrigado Tabuleiros Litorâneos do Piauí - DITALPI (3°01'49.91"S 41°46'17.09"O) (Figura 1). As coletas foram efetuadas com o auxílio de espátula/colher previamente esterilizada em álcool (70° GL) e as amostras acondicionadas em sacos plásticos para transporte.

Em laboratório, 0.1g de solo foi depositada em placas de Petri esterilizadas e sobre a mesma foi vertido o meio de cultivo Ágar Martin pré-aquecido, segundo método adotado por Warcup (1950). As placas foram armazenadas sob luminosidade e temperatura (28±2°C) ambientes. Após 48 horas de armazenamento, o desenvolvimento das culturas fúngicas foram acompanhados e, quando desenvolvidas, transferidas para o meio de cultura Ágar Batata Dextrose (BDA) segundo metodologia empregada por Lacaz et al. (2002).

A identificação dos isolados foi realizada em culturas com cinco dias de desenvolvimento em Ágar Batata Dextrose sob luminosidade e temperatura (28±2°C) ambientes. Características macromorfológicas, como cor, textura das colônias e tamanho foram analisadas. Na análise micromorfológica, como forma, coloração e tamanho dos esporangióforos, esporângios e esporangiosporos foram observados com auxílio de um microscópio de luz. Para melhor visualização das microestruturas usou-se azul de lactofenol. Após o levantamento das características, estas foram comparadas com as da literatura especializada, como: Hesseltine e Ellis (1964), Trufem e Viriato (1985), Schipper (1978, 1984), Schipper e Stalpers (1983, 1984), Zheng e Chen (2001) e Alves et al. (2002a), dentre outras.

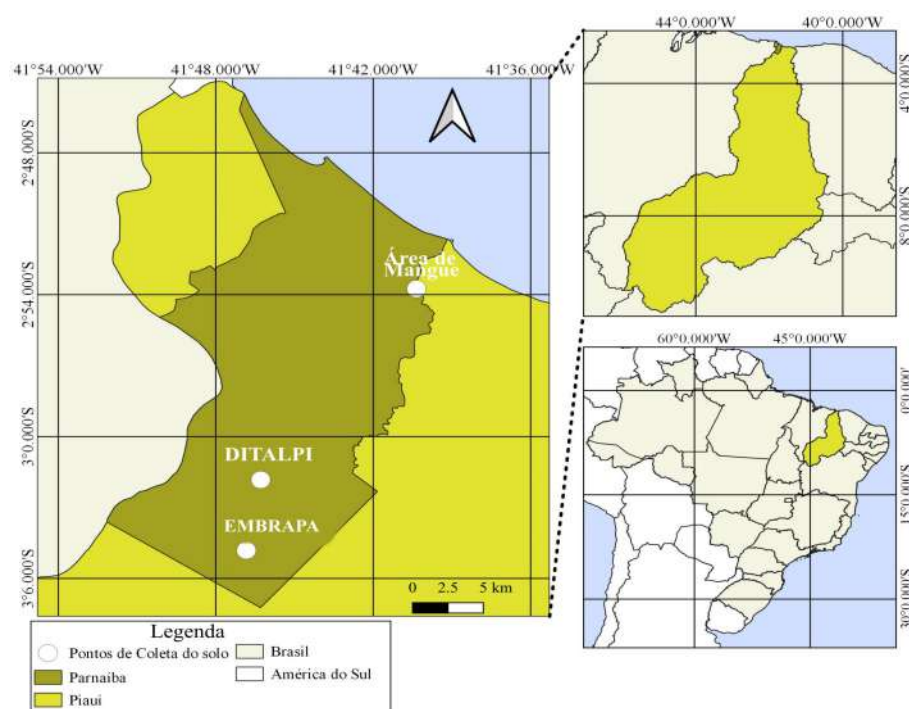


Figura 1. Locais de coleta das amostras de solo.



A caracterização enzimática foi realizada de forma qualitativa, que consiste da observação de halos enzimáticos formados ao redor das colônias em meio de cultivo sólido específico.

Amostras fúngicas foram inoculadas em placas de Petri contendo Ágar Batata Dextrose para obtenção de cultura monospórica. O micélio esporulado desta cultura foi lavado com água destilada esterilizada e a suspensão de esporos depositada em tubo de ensaio. A contagem dos esporos foi realizada com o auxílio da câmara de Newbauer sob microscópio óptico e a suspensão de  $10^6$  esporos/mL obtida.

Os meios de cultivo sólido específico para detecção de amilases, lipases e proteases foram 0,2% de amido solúvel (Merck), Tween 80 e 0,4% de gelatina-leite, respectivamente, de acordo com Hanking e Anagnostakis (1975). No meio de cultivo em placas de Petri medindo 12 cm em diâmetro, foi realizado uma perfuração central de cinco milímetros, onde foram depositados 50  $\mu$ L da suspensão  $10^7$  esporos/mL. As amostras foram incubadas sob luminosidade e temperatura ( $28\pm 2^\circ\text{C}$ ) ambientes. Todas as análises foram carreadas em triplicata. Após 96 horas de incubação, a presença de halos ao redor das colônias foi observado e, quando presentes, mensurados com auxílio de uma régua milimetrada. Para revelação do halo de degradação por amilases, foi vertido uma solução de lugol a 5% (m/v) sobre a cultura. Os halos formados por lipases e proteases foram visualizados sem o uso de solução.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

A partir das amostras de solo coletadas, foram identificados sete táxons de Mucoromyceta. Destes, cinco pertencentes a ordem Mucorales, Mucoromycota, como segue: *Lichtheimia ramosa* (Zopf) Vuill. (Embrapa Meio Norte); *Cunninghamella echinulata* (Thaxter) Thaxter, *Rhizopus arrhizus* A. Fisch, *Mucor plumbeus* Bonord e *Syncephalastrum racemosum* Cohn (Tabuleiros Litorâneos) e dois táxons, da ordem Mortierellales, Mortierellomycota, identificados ao nível de gênero, denominados de *Mortierella* sp. 1 e *Mortierella* sp. 2 (Mangue).

*Cunninghamella echinulata* foi previamente isolada do solo por Schoenlein-Crusius et al. (1996) assim como no presente estudo. Schoenlein-Crusius e Milanez (1997) isolaram sete espécies de Mucorales do solo da Mata atlântica da reserva biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, Santo André. Entre as espécies isoladas pelos citados autores, somente *Syncephalastrum racemosum* foi ocorrente no presente trabalho. Schoenlein-Crusius et al. (2006) também isolaram, a partir de amostras do solo de Cubatão - São Paulo, um único táxon em colaboração a este estudo, a espécie *C. echinulata*. Cavalcanti et al. (2006), ao

estudarem fungos filamentosos do solo da região Xingó, isolaram apenas *Lichtheimia ramosa* em comum aos fungos identificados neste estudo.

*Syncephalastrum racemosum* foi isolado do solo de mineração de cobre por Santiago e Souza-Motta (2006), adicionalmente, por Oliveira et al. (2013), em estudos sobre a diversidade de fungos filamentosos no solo do Parque Nacional do Vale do Catimbau, Pernambuco. *Rhizopus arrhizus* tem sido isolado de solo contaminado com metais tóxicos no estado de São Paulo (SOUZA; SCHOENLEIN-CRUSIUS; OLIVEIRA, 2008).

No estudo dos Mucorales no solo do semiárido de Pernambuco desenvolvido por Santiago, Santos e Maia (2013), 19 táxons foram catalogados entre os quais, em concordância com o presente trabalho, esteve presente *Cunninghamella echinulata*, *Rhizopus arrizus* e *Syncephalastrum racemosum*. Lima, Santiago e Souza-Motta (2015) mencionaram *C. echinulata*, *L. ramosa*, *R. arrhizus* e *S. racemosum* isolados de solo do Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, corroborando com a ocorrência destas espécies neste trabalho. As espécies *Rhizopus arrhizus* e *Syncephalastrum racemosum* têm sido apresentadas como ocorrentes no solo de Mata Atlântica (LIMA et al., 2018). Enquanto *Mucor plumbeus* não tem sido reportado nos trabalhos apresentados, no entanto, esta espécie tem sido catalogada para os estados de Pernambuco, Minas Gerais e São Paulo, isolados do solo de domínio fitogeográfico, Mata Atlântica (SANTIAGO, 2015).

Corroborando com o isolamento de *Mortierella* neste estudo, espécies deste gênero foram isoladas do solo no estado de Pernambuco por Upadhyay (1965) e Upadhyay (1970). Adicionalmente, Schoenlein-Crusius et al. (1996) isolaram *Mortierella* sp. de solo no estado de São Paulo.

Dentre os isolados, cinco ao nível específico foram submetidos à caracterização enzimática quanto à detecção da produção de amilases, lipases e proteases. Todos os isolados testados apresentaram halo de degradação por amilases, sendo que os halos formados por *Rhizopus arrhizus* e *Lichtheimia ramosa* foram os de maior diâmetro medindo 7.0 e 6.4 cm, respectivamente. Os mesmos fungos apresentaram os maiores halos de degradação por lipases, com diâmetros de 8.0 e 7.3 cm, respectivamente. Quanto à detecção da produção de proteases, *R. arrhizus* também apresentou maior halo, medindo 8.0 cm em diâmetro, seguido de *Cunninghamella echinulata* e *Mucor plumbeus* que demonstraram halos de 4.5 cm (Tabela 1).

O isolado de *Rhizopus arrhizus* usado nesta caracterização enzimática apresentou maior potencial para produção das enzimas testadas. Tal isolado diferencia-se daquele usado por Thompson e Eribo (1984), que apresentou halo por lipases medindo 1.0 – 2.5 mm e não apresentou formação de halo por amilases e proteases. Todos os isolados de Mucorales

testaram positivo na detecção enzimática deste estudo, apresentando halos enzimáticos maiores que os isolados de Mucorales testados por Thompson e Eribo (1984).

Tabela 1 - Caracterização enzimática do halo em centímetro (cm) de Mucoromycota isolado de solo de áreas do Piauí.

TÁXON	ATIVIDADE ENZIMÁTICA		
	AMILASES	LIPASES	PROTEASES
<i>Cunninghamella echinulata</i> (Thaxt.) Thaxt.	5.1	6.5	4.5
<i>Rhizopus arrhizus</i> A. Fisch	7.0	8.0	8.0
<i>Lichtheimia ramosa</i> (Zopf) Vuill.	6.4	7.3	0.0
<i>Mucor plumbeus</i> Bonord	5.0	0.0	4.5
<i>Syncephalastrum racemosum</i> Cohn	3.6	5.8	3.0

Fonte: Os autores.

Detecção enzimática da produção de amilases, lipases e proteases por Mucorales do gênero *Mucor* foi observada por Alves et al. (2002b), corroborando com a produção de amilases e proteases pelo representante do gênero neste estudo, *Mucor plumbeus*. Gopinath, Anbu e Hilda (2005) também realizaram a triagem para detecção de amilases e lipases por *C. echinulata* e *S. racemosum* que em contraste aos testes desenvolvidos neste trabalho não produziram amilases em meio de cultivo sólido e somente *S. racemosum* demonstrou halo lipolítico. Ainda contribuindo com o presente estudo, Santiago e Souza-Motta (2006) mencionam a produção de amilases por *S. racemosum*, isolados do solo.

Mukunda, Onkarappa e Prashith (2012) trabalharam com isolamento e triagem de fungos isolados do solo analisando qualitativamente a produção de amilases, lipases e proteases por *Rhizopus* sp. e *Mucor* sp. O isolado de *Rhizopus* sp. apresentou produção das três enzimas citadas, assim como ocorreu com *R. arrhizus* neste estudo. Halo lipolítico e proteolítico não foram formados por *Mucor* sp., corroborando, quanto à lipases, com o resultado obtido por *M. plumbeus*. Saleem e Ebrahim (2014) realizaram a detecção da produção de amilases por fungos filamentosos isolados de vegetais e analisaram, em comum com o presente trabalho, a formação de halo amilolítico por *C. echinulata* e *S. racemosum*, as quais apresentaram halos de 2.6 e 2.5 mm em diâmetro, respectivamente. Sendo menores que os halos obtidos nesse estudo aqui apresentados.

#### 4. CONCLUSÃO

Sete táxons de Mucoromyceta têm sido reportados como ocorrentes no solo do estado do Piauí contribuindo para o conhecimento da diversidade de fungos. Cinco destes fungos têm sido apresentados como produtores de amilases, lipases ou proteases, assim apontando-

os como promissores para sucessivos estudos quantitativos de produção enzimática.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALVES, M.H.; TRUFEM, S.F.B. MILANEZ, A.I. Táxons de *Mucor* Fresen. (Zygomycota) em fezes de herbívoros, Recife, PE, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, [São Paulo], v. 25, p.147–160, 2002a.
- 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, 2002b.
- BENTO, R. A.; STAMFORD, T. L. M.; CAMPOS-TAKAKI, G. M.; STAMFORD, T. C. M.; SOUZA, E. L. Potential of chitosan from *Mucor rouxii* UCP 064 as alternative natural compound to inhibit listeria monocytogenes. **Brazilian Journal of Microbiology**, [Rio de Janeiro], v. 40, p. 583-589, 2009.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: ESALQ, 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 Brasílica**, [São Paulo], v. 20, n. 4, p. 831-837, 2006.
- ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. Caxias do Sul: EDUCS, 2010.
- FERREIRA, I. N. S.; RODRÍGUEZ, D. M.; CAMPOS-TAKAKI, G. M.; ANDRADE, R. F. S. Biosurfactant and bioemulsifier as promising molecules produced by *Mucor hiemalis* isolated from Caatinga soil. **Electronic Journal of Biotechnology**, [Valparaiso], v. 47, p. 51-58, 2020.
- GOPINATH, S. C. B.; ANBU, P.; HILDA, A. Extracellular enzymatic activity profiles in fungi isolated from oil-rich environments. **Mycoscience**, [Tokyo], v. 46, p. 119-126, 2005.
- 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.
- GUPTA, R.; MOHAPATRA, H.; GOSWAMI, V. K.; CHAUCHAN, B. Microbial  $\alpha$ -amylases: a biotechnological perspective. **Process Biochemistry**, [Londres], v.38, n.11, p. 1599-1616, 2003.
- 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.
- HELSELTINE, C.W; ELLIS.J.J. The genus Absidia: Gongronella and cylindrical-spored

species of *Absidia*. **Mycologia**, [Lancaster], v. 56, n. 1, p. 568-601, 1964.

HIBBETT, D. S.; BINDER, M.; BISCHOFF, J. F.; BLACKWELL, M.; CANNON, P. F.; ERIKSSON, O. E.; HUHDORF, S.; JAMES, T.; KIRK, P. M.; LÜCKING, R.; LUMBSCH, H. T.; LUTZONI, F.; MATHENY, B.; MCLAUGHLIN, D. J.; POWELL, M. J.; REDHEAD, S.; SCHOCH, C. L.; SPATAFORA, J. W.; STALPERSI, J. A.; VILGALYS, R.; AIM, M. C.; APTROOT, A.; BAUER, R.; BEGEROW, D.; BENNY, G. L.; CASTLEBURY, L. A.; CROUSI, P. W.; DAI, Y.; GAMSI, W.; GEISER, D. M.; GRIFFITH, G. W.; GUEIDAN, C.; HAWKSWORTH, D. L.; HESTMARK, G.; HOSAKA, K.; HUMBER, R. A.; HYDE, K. D.; IRONSIDE, J. E.; KOLJALGZ, U.; KURTZMAN, P.; LARSSON, K.; LICHTWARDT, R.; LONGCORE, J.; MIADLIKOWSKA, J.; MILLER, A.; MONCALVO, J.; MOZLEY-STANDRIDGE, S.; OBERWINKLE, F.; PARMASTO, E.; REEB, V.; ROGER, J. D.; ROUX, C.; RYVARDEN, L.; SAMPAIO, J. P.; SCHUßLER, A.; SUGIYAMA, J.; THORN, R. G.; TIBELL, L.; UNTEREINER, W. A.; WALKER, C.; WANG, Z.; WEIR, A.; WEISS, M.; WHITE, M. M.; WINKA, K.; YAO, Y.; ZHANG, N. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. **Mycological Research**, [Cambridge], v. 3, p. 509-547, 2007.

HOFFMANN, K.; PAWLOWSKA, J.; WALTHER, G.; WRZOSEK, M.; HOOG, G.S.; BENNY, G.L.; KIRK, P. M.; VOIGT, K. The family structure of the Mucorales: a synoptic revision based on comprehensive multigene-genealogies. **Persoonia**, [Leiden], v. 30, p. 57-76, 2013.

HUANG, G.; ZHOU, H.; TANG, Z.; LIU, H.; CAO, Y.; QÍAO, D.; CAO, Y. Novel Fungal Lipids for the Production of Biodiesel Resources by *Mucor fragilis* AFT7-4. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, [Hoboken], v. 35, n. 6, p. 1-9, 2016.

KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D. W.; STALPERS, J. A. **Dictionary of the Fungi**. Wallingford: CABI, 2008.

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

LIMA, D. X.; CORDEIRO, T. R. L.; SOUZA, C. A. F.; SANTIAGO, A. L. C. M. A.; SOUZA-MOTTA, C. M. Diversity of basal fungal order Mucorales (Mucoromycota) in a remaining area of the Brazilian Atlantic Rainforest. **Nova Hedwigia**, [Weinheim], v. 107, n. 3-4, p. 459-471, 2018.

LIMA, D. X.; SANTIAGO, A. L. C. M. A.; SOUZA-MOTTA, C. M. Diversity of Mucorales in natural and degraded semi-arid soil. **Brazilian Journal of Botany**, [São Paulo], v. [39], n. [4], p. 1127-1133, 2015.

MARQUES, N. S. A. A.; SILVA, T. A. L. S.; ANDRADE, R. F. S.; JÚNIOR, J. F. B.; OKADA, K.; TAKAKI, G. M. C. Lipopeptide biosurfactant produced by *Mucor circinelloides* UCP/WFCC 0001 applied in the removal of crude oil and engine oil from soil. **Acta Scientiarum**, [Marangá], v. 41, p. 1-9, 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

MUKUNDA, S.; ONKARAPPA, R; PRASHITH, K . T. R. Isolation and Screening of Industrially Important Fungi from the Soils of Western Ghats of Agumbe and Koppa, Karnataka, India. **Science Technology and Arts Research Journal**, [Nekemte], v. 1, n. 4, p. 27-32, 2012.

NGUYEN, T. T. T.; PARK, S. W.; PANGGING, M.; LEE, H. B. Molecular and morphological confirmation of three undescribed species of *Mortierella* from Korea. **Mycobiology**, [Coreia], v. 47, n. 1, 2019.

OLIVEIRA, L. G.; CAVALCANTI, M. A. Q.; FERNANDES, M. J. S.; LIMA, D. M. M. Diversity of filamentous fungi isolated from the soil in the semiarid area, Pernambuco, Brazil. **Journal of Arid Environments**, [Londres], v. 95, p. 49-54, 2013.

SALEEM, A.; EBRAHIM, M. K. H. Production of amylase by fungi isolated from legume seeds collected in Almadinah Almunawwarah, Saudi Arabia. **Journal of Taibah University for Science**, [Taibah], v. 8, p. 90-97, 2014.

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=TODO&origem=TODO&regiao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODO&mostrarAte=SUBESP\\_VAR&opcoesBusca=TODO\\_OS\\_NOMES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica](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=TODO&origem=TODO&regiao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODO&mostrarAte=SUBESP_VAR&opcoesBusca=TODO_OS_NOMES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica) Acesso em: 03 ago. 2020.

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. 299-305, 2013.

SANTIAGO, A.L.C.M.A.; SOUZA-MOTTA, C.M. Mucorales isolados do solo de mineração de cobre e produção de amilase e inulinase. **Acta Botânica Brasileira**, [São Paulo], v. 20, p.641-647, 2006.

SATARI, B.; KARIMI, K. Mucoralean fungi for sustainable production of bioethanol and biologically active molecules. **Applied Microbiology and Biotechnology**, [Berlin], v. 15, p. 1-21, 2017.

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.

- SCHIPPER, M.A., STALPERS, J.A. Spore ornamentation and species concept in *Syncephalastrum*. **Persoonia**, [Leiden], v. 12, p. 81–85, 1983.
- SCHIPPER, M.A.A. On certain species of *Mucor* with a key to all accepted species. **Studies in Mycology**, [Baarn], v. 17, p. 1–9, 1978.
- 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.
- 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 Brasílica**, [São Paulo], v. 11, n. 1. p. 95-101. 1997.
- SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; MILANEZ, A. I.; TRUFEM, S. F. B.; PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A.; GRANDI, R. A. P.; SANTOS, M. L.; GIUSTRA, K. C. Microscopic fungi in the Atlantic Rainforest in Cubatão, São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, [Rio de Janeiro], v. 37, p. 267-275, 2006.
- SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; TRUFEM, S. F. B.; MALATINSKY, S. M. M.; NINOMIYA, A.; ANTUNES, M. F. R. Mucorales (Zygomycotina) from soil affected by excremento of birds in the “Parque Estadual das Fontes do Impiranga”, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 19, n. 1, 1996.
- SINGH, R.; KUMAR, M.; MITTA, A.; MEHTA, P. K. Microbial enzymes: industrial progress in 21st century. **Biotech**, [Berlin], v. 6, n. 174, p. 1-15, 2016.
- SOUZA, A. F.; GALINDO, H. M.; LIMA, M. A. B.; RIBEAUX, D. R.; RODRÍGUEZ, D. M.; ANDRADE, R. F. S.; GUSMÃO, N. B.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Biotechnological Strategies for Chitosan Production by Mucoralean Strains and Dimorphism Using Renewable Substrates. **International Journal of Molecular Sciences**, [Basel], v. 21, p. 2-15, 2020.
- SOUZA, J. I.; SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; OLIVEIRA, L. H. S. Selected species of Mucorales from soil contaminated with toxic metals in São Paulo State, Brazil. **Mycotaxon**, [Ithaca], v. 106, p. 273-288, 2008.
- 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.
- TANAKA, Y.; AKI, T.; HIDAKA, Y.; FURUYA, Y.; KAWAMOTO, S.; SHIGETA, S.; ONO, K.; SUZUKI, O. Purification and Characterization of a Novel Fungal  $\alpha$ -Glucosidase from *Mortierella alliacea* with High Starch-hydrolytic Activity. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, [Tokyo], v. 66, n. 11, p. 2415-2423, 2002.

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.

TRUFEM, S.F.B.; VIRIATO, A. Mucorales do Estado de São Paulo. 6. Mucoraceae coprófilas. **Rickia**, [São Paulo], v. 12, p. 113–123, 1985.

UPADHWAY, H.P. Soil fungi from North-east and North-Brazil – VIII. **Persoonia**, [Leiden], v. 6, p. 111-117, 1970.

UPADHWAY, H.P. Soil fungi from North-East Brazil. **Mycopathologia et Mycologia Applicata**, [Haia], v. 30, n. 2, p. 276-286, 1965.





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.

ZHENG, Y.Y., CHEN, G.Q. A monograph of *Cunninghamella*. **Mycotaxon**, [Ithaca], v. 80, p. 1-75, 2001.

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

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

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

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