

Principais Grupos e Aplicações Biotecnológicas dos Fungos



Benedito Rodrigues da Silva Neto
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2019

Benedito Rodrigues da Silva Neto
(Organizador)

Principais Grupos e Aplicações Biotecnológicas dos Fungos

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P957	Principais grupos e aplicações biotecnológicas dos fungos [recurso eletrônico] / Organizador Benedito Rodrigues da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-730-7 DOI 10.22533/at.ed.307191810 1. Biotecnologia. 2. Fungos – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Benedito Rodrigues da. CDD 571.295
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Dentre os diversos microrganismos existentes, uma classe peculiar é a dos fungos, pois possuem uma diversidade de características únicas que refletem em seu modo de vida, nas suas interações e na sua aplicabilidade. Para se ter uma ideia já foram identificados cerca de 120.000 espécies de fungos das quais a grande maioria ainda é um vasto campo de estudo para os micologistas e biotecnólogos.

Consideramos como micologia o estudo de microrganismos que possuem aspectos leveduriformes e/ou filamentos assim denominados fungos. Trata-se portanto de uma área de estudo ampla que atrai diversos pesquisadores em diferentes campos científicos, tecnológicos e industriais. O Brasil é uma referência em se tratando de estudos em micologia, principalmente o que onhecemos como micologia médica, tanto pelos pesquisadores precursores quanto pela nova geração armada com as evoluções biotecnológicas e moleculares. Entre os pais da micologia médica brasileira destacamos Adolf Lutz em 1908 seguido por Alfonso Splendore e Floriano Paulo de Almeida na identificação do *Paracoccidioides brasiliensis*, além de Alberto Thomaz Londero, Olga Fischman Gompertz e principalmente o professor Carlos da Silva Lacaz com seu “Tratado de micologia médica” de 2002.

O uso de estratégias biotecnológicas tem sido primordial na pesquisa com fungos. A vasta diversidade fúngica apresenta grande potencial, principalmente associada à estudos de aplicações biotecnológicas, como no campo ambiental, farmacêutico, industrial, agrícola, alimentício, genômico dentre outros.

Sinto-me muito feliz por ver a obra “Principais Grupos e Aplicações Biotecnológicas dos Fungos” publicada pela editora Atena, em primeiro lugar por saber do potencial da micologia e em segundo por evidenciar essa área tão importante para o cenário brasileiro e para um país que tem inúmeras possibilidades de evoluir nos estudos biotecnológicos aplicados aos fungos. Como pesquisador da área desejo que esse primeiro volume seja uma fagulha que desperte o interesse dos acadêmicos e que atraia pesquisadores da micologia médica e áreas correlatas para publicação de novos volumes com esse foco.

Desejo à todos uma excelente leitura!

Benedito Rodrigues da Silva Neto

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
FUNGOS: BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA, UM BREVE PANORAMA	
Benedito R. da Silva Neto	
DOI 10.22533/at.ed.3071918101	
CAPÍTULO 2	11
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE AMILASE EM FUNGOS ENDÓFITOS ISOLADOS DE AVELÓS (<i>Euphorbia tirucalli</i> L.)	
Lívio Carvalho de Figueirêdo	
Daniela Rayane da Silva Moraes	
Luana Kelly Carvalho da Silva	
Pablo Igor Lima Vieira	
Francisca das Chagas da Silva Paula Neta	
Ana Letícia Holanda Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.3071918102	
CAPÍTULO 3	17
AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA DE FUNGOS BASIDIOMICETOS AO HERBICIDA GLIFOSATO	
Wagner Mansano Cavalini	
Jaqueline da Silva Coelho Moreira	
DOI 10.22533/at.ed.3071918103	
CAPÍTULO 4	30
IDENTIFICAÇÃO POLIFÁSICA DE ISOLADOS CLÍNICOS DO COMPLEXO <i>Candida Parapsilosis</i>	
Carolina Maria da Silva	
Ana Maria Rabelo de Carvalho	
Danielle Patrícia Cerqueira Macêdo	
Cícero Pinheiro Inácio	
Reginaldo Gonçalves de Lima Neto	
Rejane Pereira Neves	
DOI 10.22533/at.ed.3071918104	
CAPÍTULO 5	41
SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA COM FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS	
Richard Henrique Siebra Bergamo	
Bruno Vinicius Daquila	
Helio Conte	
DOI 10.22533/at.ed.3071918105	
CAPÍTULO 6	53
TESTE DE ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE PROTEASE DE FUNGOS ENDOFÍTICOS DE <i>Euphorbia tirucalli</i> L.	
Lívio Carvalho de Figueirêdo	
Francisca das Chagas da Silva Paula Neta	
Luana Kelly Carvalho da Silva	
Pablo Igor Lima Vieira	
Daniela Rayane da Silva Moraes	
Ana Letícia Holanda Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.3071918106	

CAPÍTULO 7 59

ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE PROTEASES, AMILASES, UREASES, LIPASES E TANASES POR FUNGOS E BACTÉRIAS ISOLADAS DE ÁREA COSTEIRA DO NORDESTE DO BRASIL

Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Mykaella Joyce Silva de Araújo

Amanda Geovana Pereira de Araújo

Maria das Graças Morais de Medeiros

Carliane Rebeca Coelho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.3071918107

SOBRE O ORGANIZADOR..... 71

ÍNDICE REMISSIVO 72

SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA COM FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS

Richard Henrique Siebra Bergamo

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular, Laboratório de Controle Biológico, Morfologia e Citogenética de Insetos, Maringá, Paraná, Brasil.

Bruno Vinicius Daquila

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular, Laboratório de Controle Biológico, Morfologia e Citogenética de Insetos, Maringá, Paraná, Brasil.

Helio Conte

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular, Laboratório de Controle Biológico, Morfologia e Citogenética de Insetos, Maringá, Paraná, Brasil.

RESUMO: Nos últimos anos, o Brasil vem registrando crescimento no uso dos agrotóxicos. Estes produtos são geralmente formulados com xenobióticos que contaminam o meio ambiente, resultando em riscos para os seres vivos. Diante deste impasse, a sociedade tem se mobilizado pela adoção das técnicas de controle sustentáveis, pressionando indústrias alimentícias e agricultores a investirem em pesquisas que utilizem meios alternativos e ecologicamente corretos. Entre as culturas brasileiras, a cana-de-açúcar possui uma das maiores áreas de plantio, tornando-se alvo de diversas pragas. A broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) é um inseto facilmente

encontrado em canaviais brasileiros, sendo considerada uma das principais pragas desta cultura. Devido seu hábito alimentar mastigador, a fase larval deste lepidóptero, causa prejuízos de forma direta e indireta. Atualmente, seu controle é realizado utilizando-se de agrotóxicos e queimadas. Com a pressão social, as indústrias sucroalcooleiras buscam tecnologias capazes de reduzir as perdas econômicas bem como as contaminações no meio ambiente. Uma das técnicas que estão adotando é o controle biológico, utilizando-se macro e microrganismos, entre eles o fungo *Metarhizium anisopliae*, facilmente encontrado no ambiente. No Brasil, sua utilização como agente entomopatogênico é considerada segura e economicamente viável, limitando-se a insetos suscetíveis, seja na agricultura ou saúde pública. Após aplicação de *M. anisopliae*, os conídios germinam sobre a cutícula do inseto, penetram a epiderme e atingem a hemocele, via de disseminação no hospedeiro, onde são liberadas toxinas e enzimas. Pela hemocele, o fungo se espalha atingindo órgãos e sistemas, gerando um quadro de septicemia que resulta na morte do inseto.

PALAVRAS-CHAVE: Culturas. Tecnologia. Controle-Biológico. Meio-Ambiente.

ABSTRACT: In recent years, Brazil has shown growth in the registration of pesticides. These products are generally formulated with xenobiotics, which contaminate the environment, endangering living beings. With this, society has mobilized for sustainable control techniques, putting pressure on food industries and farmers, forcing them to invest in research aimed at sustainable means of control. Among Brazilian crops, sugarcane has one of the largest planting areas, making this crop the target of several pests. Sugarcane borer (*Diatraea saccharalis*) is an insect easily found in Brazilian sugarcane plantations, considered one of the main pests of this culture. Due to the feeding habit, the larval phase of this lepidopteran causes direct and indirect damage. Currently, its control is made using pesticides and burned. With social pressure, the sugar and alcohol industries seek sustainable control techniques, avoiding the contamination of the environment and living organisms. Among the techniques employed, we can highlight the biological control, which uses macro and microorganisms, among them, the entomopathogen *Metarhizium anisopliae*, fungus easily found in the environment. In Brazil, its use as an entomopathogenic agent is considered safe and economically feasible, limited to susceptible insects, whether in agriculture or public health. After application of *M. anisopliae*, the conidia germinate on the cuticle of the insect, penetrate the epidermis and reach the hemocele, which becomes a way of dissemination, where toxins and enzymes are released. By the hemocele, the fungus spreads reaching to organs and systems, generating a picture of generalized infection that results in the death of the insect.

KEYWORDS: Cultures. Technology. Biological control. Environment.

1 | INTRODUÇÃO

O aumento e abastecimento na produção alimentícia são as principais preocupações no século XXI. Considerado país com maior potencial agrícola no mundo, o Brasil tem seu modelo de produção baseado na “revolução verde”, onde a produtividade é elevada pelo uso de fertilizantes e agrotóxicos (FREITAS e MENDONÇA, 2016).

Outra prática ainda amplamente utilizada na agricultura, contrariando o artigo 38 da Lei n. 12.651/12, são as queimadas, que trazem grandes riscos aos ecossistemas, resultando em alterações nas condições ambientais. Sua prática é permitida somente em três situações: em locais cujas peculiaridades justifiquem o emprego do fogo, mas ambas com autorização do órgão ambiental; em unidades de conservação para manter a vegetação nativa quando suas características são associadas à ocorrência de fogo e em atividades científicas (BRASIL, 2012; ARAÚJO et al., 2005).

Movimentos em busca da agricultura sustentável surgiram no Brasil como resposta socioambiental aos problemas provenientes da “revolução verde” e

ganharam espaço assumindo expressão mais visível no início da década de 90, período de grande sensibilidade ecológica/preservacionista. (SANTOS et al., 2014; ASSAD e ALMEIDA, 2004).

As vinculações conceituais da “agricultura sustentável” com ideais político-ideológicos dificultaram o avanço do movimento no país, que passou a ser caracterizado como político-partidário ou ligado a grupos políticos específicos, não sendo vista por muitos, como uma política pública que visa benefícios a toda população (ASSAD e ALMEIDA, 2004).

Para os grandes produtores, a lógica produtiva é baseada na maximização da produção, ignorando aspectos ambientais e sociais das famílias presentes nos locais, que por muitas vezes, são obrigadas a abandonar suas terras para o avanço agrícola. As práticas agroecológicas surgem em contrapartida a essa lógica, objetivando-se na permanência das famílias no campo, o manejo sustentável, a conservação dos recursos naturais e a independência dos pequenos agricultores (SANTOS et al., 2014).

Utilizados de forma indiscriminada sem a devida conscientização, os agrotóxicos vêm causando inúmeros problemas tanto ambientais como e na saúde humana. Estudos voltados para os malefícios recorrentes de tais aplicações irregulares são diversos. Estes compostos formulados com moléculas artificiais, são resistentes a degradação, acumulando-se no solo e originando moléculas com capacidade nociva para os organismos vivos (DAQUILA, 2019; LOPES, 2016).

Alguns estudos indicam que a utilização incorreta destes controladores em culturas canavieiras, resultam na contaminação do ar, solo e corpos d’água. Diante disso, a sociedade têm demonstrado preocupação, e incentivado buscas por alternativas corretas para preservação ambiental. Por isso, na década de 70, meios de controle alternativos e sustentáveis foram amparados por movimentos sociais, sendo caracterizados como “agricultura alternativa” (SILVA e BRITO, 2015; GOMES e BARIZON, 2014; MENEZES, 2003; SANTOS et al., 2014; ASSAD e ALMEIDA, 2004).

As grandes indústrias do setor sucroalcooleiro estão investindo em tecnologias que implementem os sistemas de produção agrícola, com enfoques na lucratividade, sociedade e meio ambiente. Entre estas tecnologias encontra-se o controle biológico, método natural para reduzir populações de pragas, alguns deles utilizando-se de inimigos naturais, sejam patógenos, parasitas ou predadores (SAEED et al., 2019; NASCIMENTO e MELNYK, 2016; CALTAGIONE, 1988; BOSCH et al., 1982).

No meio agrícola, técnicas de controle biológico vem sendo amplamente utilizadas com sucesso. Nesse contexto, destaca-se o fungo *Metarhizium anisopliae*, devido seu potencial entomopatogênico, que interfere com eficiência no desenvolvimento de diversos insetos pragas, como lepidópteros e coleópteros (SOLIMAN et al., 2019; SIMI et al., 2018).

2 | CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)

Inserida no Brasil durante a colonização, acredita-se que a origem desta Poacea seja a Polinésia, e que posteriormente foi introduzida em outros países pelas conquistas árabes. Subprodutos da cana-de-açúcar, constituem hoje uma das principais bases da economia brasileira, principalmente quando tratamos de energia limpa e renovável, como o etanol (BRAIBANTE et al., 2013).

Atividades envolvendo o setor sucroalcooleiro beneficiaram a economia brasileira, principalmente durante o ciclo da cana, em meados dos Séc. XVI e XVII. Atualmente, o Brasil é o país que detém o sistema mais eficiente para produção da cana-de-açúcar, respondendo por 45 % da exportação mundial (UNICA, 2019).

Caracterizada como uma das principais culturas agrícolas de regiões tropicais, os canaviais correspondem a terceira maior área de cultivo brasileiro (estando atrás da soja e milho). Somente em 2016, a estimativa de ocupação canavieira no país foi de 13,5 %, representando aproximadamente R\$ 152,3 bilhões, 1/5 do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, isso apenas no terceiro trimestre do mesmo ano (IBGE, 2017).

Embora seja considerada uma das maiores culturas do país, as lavouras de cana-de-açúcar sofrem com a redução em sua produtividade, seja por fatores bióticos ou abióticos, colocando em risco não somente a produção, mas também a qualidade do produto (SILVA e SILVA, 2012; VACARI et al., 2012).

2.1 Pragas da cultura canavieira

Anualmente a produtividade da cultura canavieira é prejudicada pela ação de pragas, entre elas lepidópteros, coleópteros, hemípteras e nematoides.

No Brasil, destacam-se três espécies de nematoides pragas, o *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita* e o *Pratylenchus zaeae*, que possuem ação restrita ao sistema radicular das plantas. Os nematoides liberam toxinas que interferem no desenvolvimento correto das raízes, com isso, a absorção de nutrientes necessários para crescimento e desenvolvimento das plantas é comprometido, causando alterações morfológicas, necrose tecidual e enraizamento aéreo (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Os prejuízos causados por *M. incognita* na cultura canavieira chegam a 40 %, enquanto *M. javanica* e *P. zaeae* podem causar redução de produtividade entre 20 % e 30 %, em alguns casos, as variedades da cana-de-açúcar com maior susceptibilidade e acometidas por altos níveis de infestação, podem ter redução de até 50 % (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Outra praga da cultura canavieira é a *Mahanarva fimbriolata* (cigarrinha-das-raízes). Em sua fase juvenil, este hemíptera possui maior atividade, prejudicando de forma direta o sistema radicular, sugando água e nutrientes das plantas. Os adultos também causam prejuízos, ao se alimentarem de seiva foliar, liberam secreções salivares, responsáveis pela necrose tecidual da epiderme vegetal. Com isso, o potencial fotossintético da planta é alterado, refletindo diretamente no percentual

de sacarose armazenada, reduzindo sua produtividade em até 50 % (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Sphenophorus levis (bicudo da cana-de-açúcar), é um coleóptero que ataca as raízes da planta, tendo sua fase larval como a mais prejudicial para este vegetal. Ao se alimentarem, as larvas broqueiam os rizomas e galerias são formadas, as quais se estendem por toda base da brotação, resultando no amarelamento das folhas e morte do perfilho (TAVARES et al., 2007; DINARDO-MIRANDA, 2005).

Outro coleóptero, *Migdolus fryanus* (broca-de-rizomas) também afeta áreas de cultura canavieira, pois suas larvas alimentam-se das raízes e rizomas ocasionando morte do colmo e conseqüentemente redução da produtividade (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Nativa do hemisfério ocidental, a *Diatraea saccharalis* (broca-da-cana), pode ser encontrada em todo território nacional, sendo considerada uma das pragas mais prejudiciais deste agroecossistema. Responsável por danos diretos e indiretos. Estima-se que para cada 1 % de intensidade de infestação (I.I.) da *D. saccharalis*, há perda de 0,25 % na produção de açúcar por tonelada e 0,20 % na produção de álcool em litros por tonelada (SIMÕES et al., 2015; ALMEIDA et al., 2008; GUAGLIUMI, 1972/73).

Através das perfurações causadas pela broca-da-cana, fungos das espécies *Fusarium moniliforme* e *Colletotrichum falcatum* penetram nos colmos, ocasionando a inversão da sacarose armazenada e reduzindo a pureza do caldo, além de competir com os microrganismos utilizados no processo de fermentação pela indústria (BORTOLI et al., 2017).

3 | CONTROLE BIOLÓGICO

Contrapondo estes métodos não sustentáveis, está o controle biológico, método que consiste na utilização organismos vivos, como agentes no controle das populações de pragas em desequilíbrio nos agro e ecossistemas, reduzindo as densidades populacionais (PARRA et al., 2002).

O controle biológico pode ser usado das seguintes formas: natural, clássico e aplicado. O controle natural consiste na atração e conservação das populações de inimigos naturais dos organismos alvos, já o clássico, corresponde na inserção dos agentes controladores, equilibrando as populações nativas, sendo esta, uma medida de longo prazo. Por sua vez, o controle biológico aplicado consiste em liberações inundativas de biocontroladores, que são produzidos em biofábricas. Atualmente, o controle biológico aplicado é amplamente utilizado no setor agrícola, graças aos investimentos tecnológicos deste setor (BERTI-FILHO e MACEDO, 2010).

4 | MODO DE AÇÃO DOS FUNGOS ENTOMOPATÓGENOS

Considerados microorganismos versáteis e seguros ao meio ambiente, os fungos são responsáveis por aproximadamente 80 % das doenças entomopatológicas em insetos (AGALE et al., 2018; ROBBS e BITTENCOURT, 1998).

O processo de infecção tem início com a adesão dos conídios e esporos na epicutícula do inseto alvo, seguido pela formação de apressórios e do grampo de penetração tegumentar, após penetração, o fungo sofre uma transição dimórfica produzindo hifas, que serão levadas pela hemolinfa, invadindo o sistema de defesa humoral dos insetos (hemócitos). Além disso, enzimas e toxinas com capacidade paralisante são liberadas. Na hemocele, disseminam-se rapidamente, colonizando órgãos internos, acelerando o processo de morte (fig. 1) (KEYHANI, 2018; SILVA, 2012).

O sucesso da infecção é garantido com a secreção enzimática, lipases, proteases e quitinases, que permitem a passagem das hifas pela epicutícula, procutícula e pelas células que formam a epiderme, sendo influenciada por fatores ambientais como a temperatura e umidade relativa do ar. Já o processo de infecção e colonização, ocorrem em tempos distintos, pois são dependentes do hospedeiro em questão (KORDI et al., 2015; KIM et al., 2013; KIM et al., 2010).

O crescimento dos conídios no corpo do inseto, é interligado com o percentual de substrato lipídico disponível, onde, ácido oleico e lipídio cuticular (contendo alcanos) são os principais fatores, sendo utilizados pelos fungos como fonte de carbono. Por outro lado, os lipídios cuticulares, são sintetizados em conjunto aos antimicrobianos e transportados para as camadas cuticulares dos insetos, facilitando ou impedindo o crescimento fúngico. Algumas das enzimas liberadas pelos fungos para degradação cuticular (proteases, quitinases, lipases e fosfolipases), atuam de forma conjunta com enzimas do citocromo P450 na assimilação de substratos lipídicos internos e externos. Após essa assimilação inicia-se a degradação cuticular. A quitina presente no exoesqueleto do hospedeiro não é utilizada inicialmente pelo fungo, mas sim para os processos de crescimento e esporulação sobre o cadáver (KEYHANI, 2018).

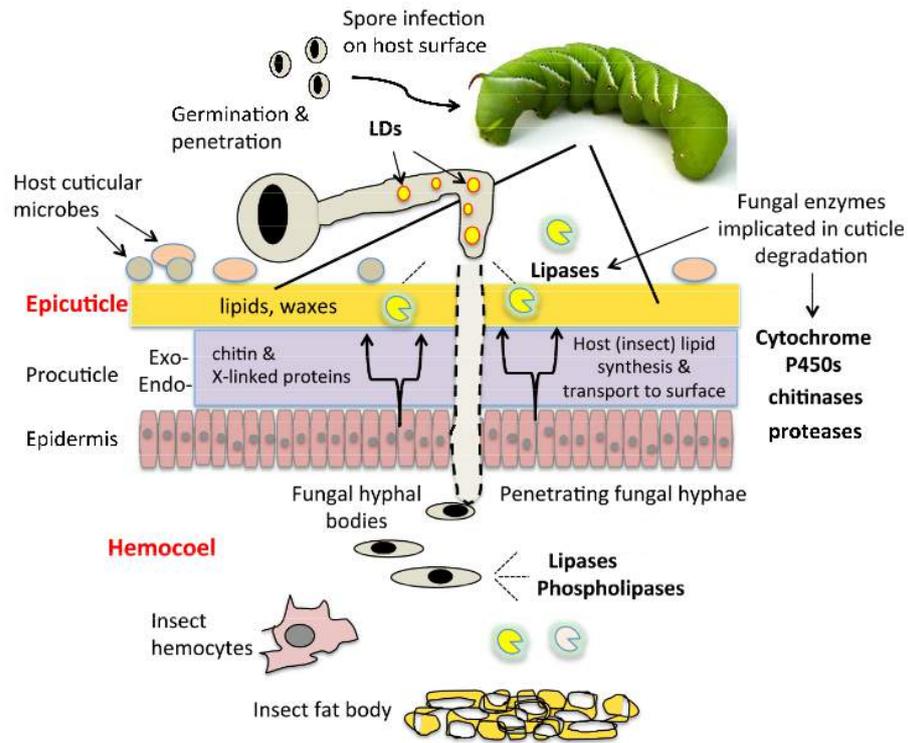


Figura 1. Processo de infecção de fungos entomopatogênicos e sua relação lipídica (Fonte: KEYHANI, 2018).

Com a morte dos insetos e condições ambientais favoráveis, ocorrem exteriorizações de estruturas fúngicas, o fungo cresce sobre o hospedeiro, que servirá de fonte nutricional para seu desenvolvimento. No meio externo, o fungo passa por conidiogênese (esporulação), se espalhando pelo meio ambiente (SILVA, 2012).

Efeitos secundários podem ser observados pós-tratamentos com fungos. Alguns estudos relatam a redução no número e na viabilidade das posturas feitas por fêmeas contaminadas por *M. anisopliae*. Isso ocorre, porque a colonização fúngica iniciada no sistema tegumentar, se espalha pelos sistemas circulatório, reprodutor, respiratório, digestivo, nervoso e imunológico, causando distúrbios físicos, interferindo até mesmo na reprodução dos insetos. (SCHNEIDER et al., 2013; FINKLER, 2011/12).

5.1 METARHIZIUM ANISOPLIAE (METSCHNIKOFF) SOROKIN

Responsável por patogenias em aproximadamente 200 espécies de insetos, os fungos do Gênero *Metarhizium* são entomopatógenos amplamente utilizados como agentes no controle de pragas, principalmente das ordens Lepidoptera, Hemiptera, Dermaptera e Orthoptera (AGALE, 2018).

Descrito pela primeira vez em 1879 por Metschnikoff, este fungo foi isolado nas fases larvais de coleópteros que acometiam culturas de trigo, sendo nomeado inicialmente como *Entomophthira anisopliae*. Posteriormente, em 1883, foi inserido no gênero *Metarhizium*, sendo renomeado como *Metarhizium anisopliae* pelo pesquisador Sorokin (WAYAL et al., 2018; LACEY e KAYA, 2007; TULLOCH, 1976).

Trata-se de um parasita facultativo, cosmopolita, que pode sobreviver sem um hospedeiro vivo, possuindo ou não condições climáticas favoráveis para seu desenvolvimento, este microrganismo necessita basicamente de carbono e nitrogênio, nutrientes essenciais para seu crescimento e reprodução (AGALE et al., 2018).

O ciclo de vida de *M. anisopliae* em insetos tem início com a adesão dos conídios na cutícula do hospedeiro, seguido por sua germinação, posteriormente invasão e disseminação pelos sistemas e órgãos do hospedeiro. Toxinas e enzimas são liberadas pelo fungo, ocasionando a morte do inseto, tornando o ambiente propício a extrusão do patógeno e conidiogênese (fig. 2).

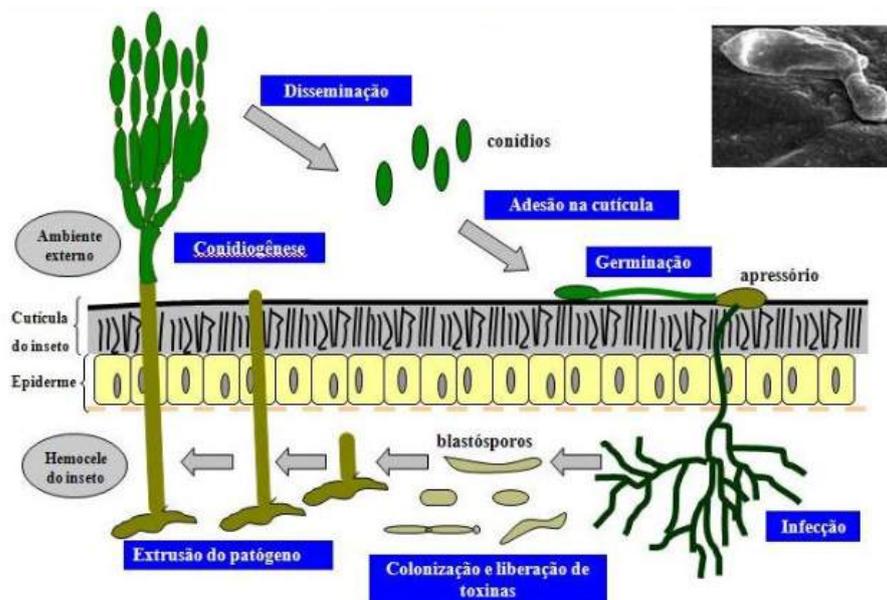


Figura 2. Ciclo de vida de *M. anisopliae* em insetos hospedeiros. Deposição do conídio sobre a cutícula do hospedeiro (adesão), seguida pela germinação do conídio (germinação), penetração através da cutícula por ação mecânica e processo enzimático (formação de apressórios e grampo de penetração), invasão, colonização do corpo do inseto, produção de toxinas, exteriorização das estruturas fúngicas, produção de conídios sobre a carcaça do hospedeiro e disseminação (Fonte: SILVA, 2012).

Em ambiente laboratorial, *M. anisopliae* tem tempo de meia vida estimado em 10 dias, no entanto, a inserção de adjuvantes como o óleo de Neem, aumentam sua longevidade e virulência, tornando-o um excelente biocontrolador (PAULA et al., 2019).

No parâmetro comercial brasileiro, produtos contendo *M. anisopliae* como princípio ativo, são os mais registrados no Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA). Estudos com este entomopatógeno se intensificaram no país, principalmente com a possibilidade da sua utilização como controlador das larvas do *Aedes aegypti*, transmissor de diversas doenças que causam preocupações na saúde pública (GOMES et al., 2015; PEREIRA et al., 2009).

6 | CONCLUSÕES

Entre os meios de controle biológico, o *M. anisopliae*, atua sobre o crescimento

das populações de insetos-pragas específicos, reduzindo riscos de possíveis danos ambientais. Considerando o grande número de pragas nas culturas brasileiras, a utilização dos fungos entomopatogênicos vem se estabilizando como estratégia sustentável, gerando aumentos na produtividade com resultados rentáveis. No entanto, é preciso reforçar que o sucesso deste procedimento está condicionado ao Manejo Integrado de Pragas, e aos estudos relacionados a especificidade das espécies pragas que se deseja controlar.

REFERÊNCIAS

- AGALE, S.V.; GOPALAKRISHNAN, S.; AMBHURE, K.G.; CHANDRAVANSI, H.; GUPTA, R.; WANI, S.P. 2018. **Mass Production of Entomopathogenic Fungi (*Metarhizium anisopliae*) using Different Grains as a Substrate**. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Doi: 10.20546/ijcmas.2018.701.268.
- ARAÚJO, R.A.; ARAÚJO, M.S.; GONRING, A.H.; GUEDES, R.N. 2005. **Impacto da Queima Controlada da Palhada da Cana-de-açúcar Sobre a Comunidade de Insetos Locais**. Neotropical Entomology. Doi: 10.1590/S1519-566X2005000400016.
- ASSAD, M.L.L.; ALMEIDA, J. 2004. **Agricultura e sustentabilidade: Contexto, Desafios e Cenários**. Ciência & Ambiente, 29:15-30.
- BERTI-FILHO, E.; MACEDO, L.P.M. 2010. **Fundamentos do controle biológico de insetos-praga**. Natal: Editora IFRN, 1-108.
- BORTOLI, S.A.; POLANCZYK, R.A.; VACARI, A.M.; DE BORTOLI, C.P.; DUARTE, R.T. 2017. **Efeito do aquecimento global sobre as pragas da cana-de-açúcar**. Aquecimento Global e Problemas Fitossanitários, 348-379.
- BOSCH, R.V.D.; MESSENGER, P.S.; GUTIERREZ, A.P. 1982. **An introduction to biological control**. New York: Plenum Press, 1-247.
- BRAIBANTE, M.E.F.; PAZINATO, M.S.; ROCHA, T.D.; FRIEDRICH, L.D.S.; NARDY, F.C. 2013. **A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar**. Química nova na escola, 35 (1): 3-10.
- BRASIL. 2012. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Capítulo IX Da proibição do uso de fogo e do controle de incêndios. Art. 38**. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12>>. Acesso em: 26 de junho de 2019.
- CALTAGIONE, L.E. 1988. **Definitions and principles of biological control**. In. **2nd International short course in biological control**, Anais... Berkeley.
- DAQUILA, B.V. 2019. **Histopatologia do intestino médio em larvas da *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) tratadas com *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae)**. Maringá: UEM, 2019, 78p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Ambiental, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- DINARDO-MIRANDA, L.L. 2005. **Nematóides e pragas de solo em cana-de-açúcar**. Informações agronômicas, 110 (1): 25-32.
- FINKLER, C.L.L. 2011/12. **Controle de insetos: uma breve revisão**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma. 8/9: 169-189.

- FREITAS, R.E.; MENDONÇA, M.A.A. 2016. **Expansão Agrícola no Brasil e a Participação da Soja: 20 anos**. Rev. Econ. e Soc. Rural. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540306>.
- GOMES, M.A.F.; BARIZON, R.R.M. 2014. **Panorama da Contaminação Ambiental por Agrotóxicos e Nitrato de origem Agrícola no Brasil: cenário 1992/2011**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 35.
- GOMES, S.A.; PAULA, A.R.; RIBEIRO, A.; MORAES, C.O.; SANTOS, J.W.; SILVA, C.P.; SAMUELS, R.I. 2015. **Neem oil increases the efficiency of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* for the control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae**. Doi: 10.1186/s13071-015-1280-9.
- GUAGLIUME, P. 1972/73. **Pragas da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: FAIO-IAA, 622.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. **A Geografia da Cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro, 172.
- KEYHANI, N.O. 2018. **Lipid biology in fungal stress and virulence: entomopathogenic fungi**. Fungal biology. Doi: 10.1016/j.funbio.2017.07.003.
- KIM, J. S.; JE, Y. H.; WOO, E. 2010. **Roles of adjuncts in aphicidal activity of enzymes from *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) SFB-205 supernatant**. Journal of Asia Pacific Entomology, 13(4): 345-350.
- KIM, J.J.; JEONG, G.; HAN, J.H.; Lee, S. 2013. **Biological Control of Aphid Using Fungal Culture and Culture Filtrates of *Beauveria bassiana***. Mycobiology. Doi: 10.5941/MYCO.2013.41.4.221.
- KORDI, M.K.; FARROKHI, N.; MASOUDI, A.; SHADMEHRI, A.D.; SHAHROKH, G. 2015. **Expression analyses of some *Beauveria bassiana* genes in response to cuticles of four different insects**. Journal of Crop Protection, 4: 675-690.
- LACEY, L.A.; KAYA, H.K. 2007. **Field manual of techniques in invertebrate pathology: application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests**. 2 ed. Dordrecht, Springer Scientific Publishers, 855.
- LOPES, I.C. 2016. **Produção de conídios do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* em diferentes condições de cultivo e em biorreator de bandeja**. São José do Rio Preto: UNESP, 2016, 59p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Microbiologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), São José do Rio Preto.
- MACEDO, I.C. **Situação atual e perspectivas do etanol**. 2007. Revista Estudos Avançados, 21(59): 157-165.
- MENEZES, E.L.A. 2003. **Controle Biológico de Pragas: Princípios e Estratégias de Aplicação em Ecossistemas Agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 44.
- NASCIMENTO, L.; MELNYK, A. 2016. **A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde**. Mangaio Acadêmico, 1(1): 54-61.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORREIA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. 2002. **Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. Barueri: Manole, 1-17.
- PAULA, A. R.; RIBEIRO, A.; LEMOS, F. J. A.; SILVA, C. P.; SAMUELS, R. I. 2019. **Neem oil increases the persistence of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* for the control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae**. Parasites & vectors. Doi: 10.1186/s13071-019-3415-x.

PEREIRA, C. R.; PAULA, A. R.; GOMES, S. A.; PEDRA JR, P. C. O.; SAMUELS, R. I. 2009. **The potential of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* isolates for the control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae.** Biocontrol Science and Technology. Doi: 10.1080/09583150903147659.

ROBBS, C.F.; BITTENCOURT, A.M. 1998. **O controle biológico de insetos nocivos à agricultura com o emprego de fungos imperfeitos ou hifomicetos.** Biotecnologia, 6:10-12.

SAEED, Q.; AHMAD, F.; LQBAL, N.; ZAKA, S.M. 2019. **Chemical control of polyphagous pests on their auxiliary hosts can minimize insecticide resistance: A case study of *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton agroecosystem.** Ecotoxicology and Environmental Safety. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.038.

SANTOS, C.F.D.; SIQUEIRA, E.S.; ARAÚJO, I.T.D.; MAIA, Z.M.G. 2014. **A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar.** Ambiente & Sociedade. Doi: 10.1590/S1414-753X2014000200004.

SCHNEIDER, L. C. L.; SILVA, C. V.; CONTE, H. 2013. **Infection, colonization and extrusion of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in pupae of *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae).** Journal of Entomology and Nematology. Doi: 10.5897/JEN12.015.

SILVA, A.B.; BRITO, J.M. 2015. **Controle biológico de insetos-praga e suas perspectivas para o futuro.** AGROTEC, 248-258.

SILVA, J.P.N.D.; SILVA, M.R.N.D. 2012. **Noções da cultura da cana-de-açúcar.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Inhumá, Goiás. 105.

SILVA, R.A. 2012. **Estudo de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok: Toxicidade a compostos extraídos de *Tibraca limbativentris* Stal (Heteroptera: Pentatomidae), efeitos de agroquímicos utilizados na cultura do arroz e aumento da patogenicidade a *T. limbativentris* com doses subletais de inseticidas químicos.** Goiânia: UFG, 2012, 148p. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia.

SIMI, L.D.; LEITE, L.G.; TREVISAN, O.; COSTA, J.N.M.; OLIVEIRA, L.E.; SCHMIDT, F.S.; BUENO, R.N.S.; BATISTA-FILHO, A. 2018. **Mortality of *Conotrachelus humeropictus* in response to combined application of the nematode *Steinernema brazilense* and the fungus *Beauveria bassiana*.** Arquivos do Instituto Biológico. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000092016>.

SIMÕES, R.A.; FELICIANO, J.R.; SOLTER, L.F.; DELALIBERA JR, I. 2015. **Impacts of *Nosema* sp. (Microsporidia: Nosematidae) on the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae).** Journal of invertebrate pathology. Doi: 10.1016/j.jip.2015.05.006.

SOLIMAN, E.P.; CASTRO, B.M.C.; WILCKEN, C.F.; FIRMINO, A.C. DAL-POGETTO, M.H.F.A.; BARBOSA, L.R.; ZANUNCIO, J.C. 2019. **Susceptibility of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), a *Eucalyptus* pest, to entomopathogenic fungi.** Scientia Agricola. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0043>.

TAVARES, F.M.; BATISTA FILHO, A.; LEITE, L.G.; ALMEIDA, L.C.; SILVA, A.C.; AMBRÓS, C.M. 2007. **Efeito de *Heterorhabditis indica* e *Steinernema* sp. (Nemata: Rhabditida) sobre larvas do bicudo da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae), em laboratório e casa-de-vegetação.** Nematologia Brasileira, 31 (1): 12-19.

TULLOCH, M. 1976. **The genus *Metarhizium*.** Transactions of the British Mycological Society, 66(3): 407-411.

UNICA. **Cana-de-açúcar.** Disponível em: <<https://www.unica.com.br/setor-sucroenergetico/acucar/>>. Acesso em: 18 de junho de 2019.

VACARI, A.M.; GENOVEZ, G.D.S.; LAURENTIS, V. L.D.; BORTOLI, S.A.D. 2012. **Fonte proteica na criação de *Diatraea saccharalis* e seu reflexo na produção e no controle de qualidade da *Cotesia flavipes*.** *Bragantia*, 71(3): 355-361.

WAYAL, N.D.; MEHENDELE, S.K.; GOLVANKAR, G.M.; DESAI, V.S.; NAIK, K.V. 2018. **Bioefficacy of *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin culture filtrates from different liquid media against *Aphis craccivora* (Koach) under laboratory condition.** *International Journal of Chemical Studies*, 6(6): 1935-1939.

SOBRE O ORGANIZADOR

BENEDITO RODRIGUES DA SILVA NETO Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado de Mato Grosso (2005), com especialização na modalidade médica em Análises Clínicas e Microbiologia (Universidade Candido Mendes - RJ). Em 2006 se especializou em Educação no Instituto Araguaia de Pós graduação Pesquisa e Extensão. Obteve seu Mestrado em Biologia Celular e Molecular pelo Instituto de Ciências Biológicas (2009) e o Doutorado em Medicina Tropical e Saúde Pública pelo Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública (2013) da Universidade Federal de Goiás. Pós-Doutorado em Genética Molecular com concentração em Proteômica e Bioinformática (2014). O segundo Pós doutoramento foi realizado pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde da Universidade Estadual de Goiás (2015), trabalhando com o projeto Análise Global da Genômica Funcional do Fungo *Trichoderma Harzianum* e período de aperfeiçoamento no Institute of Transfusion Medicine at the Hospital Universitätsklinikum Essen, Germany. Seu terceiro Pós-Doutorado foi concluído em 2018 na linha de bioinformática aplicada à descoberta de novos agentes antifúngicos para fungos patogênicos de interesse médico.

Palestrante internacional com experiência nas áreas de Genética e Biologia Molecular aplicada à Microbiologia, atuando principalmente com os seguintes temas: Micologia Médica, Biotecnologia, Bioinformática Estrutural e Funcional, Proteômica, Bioquímica, interação Patógeno-Hospedeiro.

Sócio fundador da Sociedade Brasileira de Ciências aplicadas à Saúde (SBCSaúde) onde exerce o cargo de Diretor Executivo, e idealizador do projeto “Congresso Nacional Multidisciplinar da Saúde” (CoNMSaúde) realizado anualmente, desde 2016, no centro-oeste do país.

Atua como Pesquisador consultor da Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG. Atuou como Professor Doutor de Tutoria e Habilidades Profissionais da Faculdade de Medicina Alfredo Nasser (FAMED-UNIFAN); Microbiologia, Biotecnologia, Fisiologia Humana, Biologia Celular, Biologia Molecular, Micologia e Bacteriologia nos cursos de Biomedicina, Fisioterapia e Enfermagem na Sociedade Goiana de Educação e Cultura (Faculdade Padrão). Professor substituto de Microbiologia/Micologia junto ao Departamento de Microbiologia, Parasitologia, Imunologia e Patologia do Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública (IPTSP) da Universidade Federal de Goiás. Coordenador do curso de Especialização em Medicina Genômica e Coordenador do curso de Biotecnologia e Inovações em Saúde no Instituto Nacional de Cursos. Atualmente o autor tem se dedicado à medicina tropical desenvolvendo estudos na área da micologia médica com publicações relevantes em periódicos nacionais e internacionais. Contato: dr.neto@ufg.br ou neto@doctor.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Áreas degradadas 17

Avelós 11, 12, 14, 15, 53, 54, 56

B

Bactérias 2, 6, 8, 19, 26, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 67

C

Candida parapsilosis 30, 31, 32, 34, 37, 38, 40

Controle-biológico 41

Culturas 4, 5, 7, 21, 41, 43, 44, 47, 49, 62, 63

D

Descontaminante 17

E

Enzimas 1, 2, 3, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 19, 26, 41, 46, 48, 53, 54, 55, 56, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Enzymes 12, 16, 42, 50, 54, 57, 60, 68, 69, 70

F

Fungal metabolites 12, 54

Fungo 4, 5, 6, 7, 8, 9, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 41, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 59, 62, 64, 71

I

Infecções fúngicas 30, 31

M

Meio-ambiente 41

Metabólitos fúngicos 12, 54

Microrganismos 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 17, 20, 31, 35, 36, 41, 45, 53, 54, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 67

P

Poluentes 7, 17, 19, 20, 26

Produção enzimática 60, 67

S

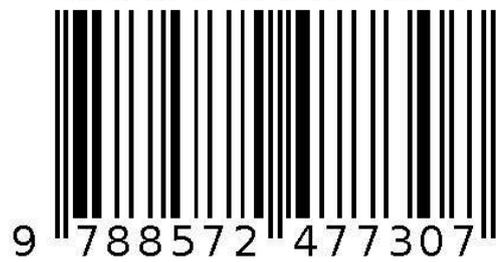
Solo 4, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 43, 49, 56, 61, 69, 70

T

Taxonomia 30, 34, 35

Tecnologia 2, 3, 41, 51, 61, 69

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-730-7



9 788572 477307