



FITOPATOLOGIA EM FOCO: CONCEITOS E MANEJO

**ANA CLAUDIA DA SILVA MENDONÇA
LUCAS PEREIRA DA SILVA
PRISCILA ANGELOTTI ZAMPAR
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora

Ano 2020



FITOPATOLOGIA EM FOCO: CONCEITOS E MANEJO

**ANA CLAUDIA DA SILVA MENDONÇA
LUCAS PEREIRA DA SILVA
PRISCILA ANGELOTTI ZAMPAR
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora
Ano 2020

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 Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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
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 Internazionele 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 Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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 Alfnas

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 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
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. 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
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
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. 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. Eliel 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
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. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliãni Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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

Fitopatologia em foco: conceitos e manejo

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Ana Claudia da Silva Mendonça
Lucas Pereira da Silva
Priscila Angelotti Zampar

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F546 Fitopatologia em foco: conceitos e manejo / Organizadores Ana Claudia da Silva Mendonça, Lucas Pereira da Silva, Priscila Angelotti Zampar. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-677-5

DOI 10.22533/at.ed.775200712

1. Fitopatologia. 2. Agricultura. 3. Manejo. 4. Produtividade. I. Mendonça, Ana Claudia da Silva (Organizadora). II. Silva, Lucas Pereira da (Organizador). III. Zampar, Priscila Angelotti (Organizadora). IV. Título.
CDD 632.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

Na agricultura existem inúmeras doenças que ocasionam baixa produtividade e qualidade de insumos. A fitopatologia é a ciência responsável por estudar os patógenos que causam essas doenças, bem como todos os aspectos relacionados com o mesmo.

Essas doenças podem ser ocasionadas por diferentes agentes causais, podendo ser: fungos, bactérias, vírus, viroides, fitoplasma, espiroplasma, nematoides e protozoários. Cada um desses agentes causais possuem suas particularidades de diagnose, epidemiologia, etiologia e controle.

Um dos maiores interesses da fitopatologia é o controle dos agentes fitopatogênicos, para isso existe o controle químico, físico, biológico, mecânico e cultural. O foco neste livro é no controle biológico e cultural, pois alguns patógenos, principalmente de solo, possuem difícil controle, por isso, esses métodos alternativos tornam-se eficazes. Além disso, com o avanço da biotecnologia, com estudos a nível de biologia molecular os métodos de diagnose de doenças de plantas tem ganhado melhor qualidade, neste contexto, alguns métodos serão destacados neste livro.

Esse livro é a junção de diferentes capítulos produzidos pelos pós-graduandos em agronomia da Universidade Estadual de Maringá, com intuito da difusão de conhecimentos na área da fitopatologia e correlacionadas.

Boa leitura e bons estudos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MICOTOXINAS ALIMENTARES EM GRÃOS DE MILHO: UMA AMEAÇA ALIMENTAR INVISÍVEL

Lucas Pereira da Silva
Ana Claudia da Silva Mendonça
Vinícius Villa e Vila
Gustavo Arana Demitto
Wesley Patrick Santos Cardoso
João Pedro Carlos Prieto
Amanda do Prado Mattos
Wérica Bruna da Silva Valim
Vitor Henrique Gonçalves Lopes
Camila de Cassia da Silva
Bruna Cristina de Andrade
Priscila Angelotti Zampar

DOI 10.22533/at.ed.7752007121

CAPÍTULO 2..... 10

CONTROLE ALTERNATIVO DE MOFO-BRANCO: UM MANEJO SUSTENTÁVEL

Lucas Pereira da Silva
Ana Claudia da Silva Mendonça
Vinícius Villa e Vila
Gustavo Arana Demitto
Wesley Patrick Santos Cardoso
João Pedro Carlos Prieto
Amanda do Prado Mattos
Wérica Bruna da Silva Valim
Vitor Henrique Gonçalves Lopes
Camila de Cassia da Silva
Bruna Cristina de Andrade
Priscila Angelotti Zampar

DOI 10.22533/at.ed.7752007122

CAPÍTULO 3..... 18

USO DA BIOLOGIA MOLECULAR NO ESTUDO DA DOENÇA *Citrus tristeza virus*

Ana Claudia da Silva Mendonça
Lucas Pereira da Silva
Vinícius Villa e Vila
Wesley Patrick Santos Cardoso
Gustavo Arana Demitto
João Pedro Carlos Prieto
Amanda do Prado Mattos

Wérica Bruna da Silva Valim
Vitor Henrique Gonçalves Lopes
Camila de Cassia da Silva
Bruna Cristina de Andrade
Priscila Angelotti Zampar

DOI 10.22533/at.ed.7752007123

CAPÍTULO 4.....27

CONTROLE BIOLÓGICO DO PSILÍDEO, VETOR DA DOENÇA *Huanglongbing*

Ana Claudia da Silva Mendonça
Lucas Pereira da Silva
Vinícius Villa e Vila
Wesley Patrick Santos Cardoso
Gustavo Arana Demitto
João Pedro Carlos Prieto
Amanda do Prado Mattos
Wérica Bruna da Silva Valim
Vitor Henrique Gonçalves Lopes
Camila de Cassia da Silva
Bruna Cristina de Andrade
Priscila Angelotti Zampar

DOI 10.22533/at.ed.7752007124

CAPÍTULO 5.....36

HISTÓRICO DE USO E CARACTERÍSTICAS DOS PORTA-ENXERTOS DENTRO DA CITRICULTURA

Ana Claudia da Silva Mendonça
Lucas Pereira da Silva
Vinícius Villa e Vila
Gustavo Arana Demitto
Wesley Patrick Santos Cardoso
João Pedro Carlos Prieto
Amanda do Prado Mattos
Wérica Bruna da Silva Valim
Vitor Henrique Gonçalves Lopes
Camila de Cassia da Silva
Bruna Cristina de Andrade
Priscila Angelotti Zampar

DOI 10.22533/at.ed.7752007125

CAPÍTULO 6.....43

NEMATÓIDE DAS LESÕES RADICULARES NA CULTURA DO ARROZ: UMA PRAGA SUPERESTIMADA

Lucas Pereira da Silva

Ana Claudia da Silva Mendonça
Vinícius Villa e Vila
Wesley Patrick Santos Cardoso
Gustavo Arana Demitto
João Pedro Carlos Prieto
Amanda do Prado Mattos
Wérica Bruna da Silva Valim
Vitor Henrique Gonçalves Lopes
Camila de Cassia da Silva
Bruna Cristina de Andrade
Priscila Angelotti Zampar

DOI 10.22533/at.ed.7752007126

SOBRE OS ORGANIZADORES 50

CAPÍTULO 1

MICOTOXINAS ALIMENTARES EM GRÃOS DE MILHO: UMA AMEAÇA ALIMENTAR INVISÍVEL

Data de aceite: 28/10/2020

Data de submissão: 23/09/2020

Lucas Pereira da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4540501906478241>

Ana Claudia da Silva Mendonça

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1722595984900368>

Vinícius Villa e Vila

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8707040323232469>

Gustavo Arana Demitto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6376822761223304>

Wesley Patrick Santos Cardoso

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6141222944554502>

João Pedro Carlos Prieto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8963015393777299>

Amanda do Prado Mattos

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC
Lages – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3654596926242328>

Wérica Bruna da Silva Valim

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3682852440863641>

Vitor Henrique Gonçalves Lopes

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8235633877643737>

Camila de Cassia da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8196551482918960>

Bruna Cristina de Andrade

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3386761883933028>

Priscila Angelotti Zampar

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5590072790143208>

RESUMO: O milho é a cultura agrícola de maior importância no mundo, sendo a cultura mais produzida e explorada. Há diversos fungos fitopatogênicos que acometem a cultura do milho e possuem relevância agrícola, dentre eles existem aqueles que produzem micotoxinas. Micotoxinas são compostos secundários produzidos por fungos filamentosos, esses metabólitos quando presentes em alimentos podem causar doenças ou morte quando ingeridas pelo homem ou animais. Neste capítulo iremos abordar quais fungos produzem, os tipos de micotoxinas, regulamentação brasileira, entre outros fatores.

PALAVRAS-CHAVE: Aflatoxina; Fumonisina; Desoxinivalenol; Zearalenona; Ocratotoxina.

FOOD MYCOTOXINS IN CORN GRAINS: AN INVISIBLE FOOD THREAT

ABSTRACT: Corn is the most important agricultural crop in the world, being the most produced and exploited crop. There are several phytopathogenic fungi that affect the corn crop and have agricultural relevance, among them are those that produce mycotoxins. Mycotoxins are secondary compounds produced by filamentous fungi, these metabolites when present in food can cause disease or death when ingested by humans or animals. In this chapter we will discuss which fungi produce, the types of mycotoxins, Brazilian regulations, among other factors.

KEYWORDS: Aflatoxin; Fumonisin; Deoxynivalenol; Zearalenone; Ocratotoxin

1 | INTRODUÇÃO

A cultura do milho ocupa posição de destaque no Brasil e no mundo, sendo o grão com o maior número produtivo na cadeia agrícola, recebendo destaque em países que possuem temperaturas mais “quentes”, com temperaturas em torno de 25 °C e 30 °C durante o dia e com noites frias, em torno de 16 °C e 19 °C. Esses locais com temperaturas elevadas, juntamente com pré-disposições de alta umidade podem favorecer o desenvolvimento de contaminantes naturais como os fungos. Há diversos fungos fitopatogênicos que acometem a cultura do milho e possuem relevância agrícola, desde aqueles que atacam a parte radicular, foliar, colmo ou espiga, que são capazes de reduzir a produtividade, em questões numéricas, ou então capazes de influenciar na qualidade do produto, tais como produção de micotoxinas (FERREIRA et al, 2011).

Micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos filamentosos durante seu crescimento. Esses metabólitos quando presentes em alimentos são contaminantes naturais de difícil controle, no qual podem causar doenças ou morte quando ingeridas pelo homem ou animais em certas quantidades. Estima-se que cerca de 25% de todos os produtos agrícolas do mundo estejam contaminados por tais substâncias (BENETT & KLICH, 2003).

Os fungos patogênicos de sementes são divididos em fungos do campo, que infectam o produto ainda na planta no campo, e fungos de armazenamento, que invadem o milho pouco antes e durante o armazenamento. Os fungos do campo requerem um teor de umidade relativa de 90-100% para crescerem (MÁRCIA e LÁZZARI, 1998), já os fungos de armazenagem bastam cerca de 70% de teor de umidade no alimento armazenado (SILLIKER et al, 1985).

Os fungos mais importantes na cultura do milho, no qual são responsáveis pelo mofamento e produção de micotoxinas são os pertencentes principalmente pelos gêneros: *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* (PINTO, 2006).

Neste contexto apresentado, abordaremos neste capítulo uma revisão sobre os principais fungos produtores de micotoxinas na cultura do milho, juntamente com os níveis tolerados pela regulamentação brasileira, bem como os riscos à saúde humana e animal, métodos de redução de micotoxinas com resultados de alguns ensaios realizados.

2 | MICOTOXINAS EM MILHO

Existem diversos tipos de micotoxinas produzidas por diferentes fitopatógenos na agricultura, dentre eles destacam-se: a aflatoxina, ocratoxina A, zearalenona, patulina, fumonisina, tricoteceno e citrinina. Na milhocultura existem diversas micotoxinas de interesse, como pode-se observar na tabela 1:

MICOTOXINA	FUNGO PRODUTOR
Aflatoxina	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>
Fumonisin	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i>
Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Fusarium equiseti</i>
DON	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>
Ocratoxina	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>Penicillium sp.</i>
Citrinina	<i>Penicillium citrinum</i>

Tabela 1: Micotoxinas e fungos produtores de ocorrência na cultura do milho.

Fonte: FAO (2014).

Aflatoxina: Uma série de aflatoxinas são produzidas por fungos, destacando-se B1, B2, G1 e G2. A aflatoxina B1 é a mais tóxica das aflatoxinas, causando uma variedade de efeitos adversos e, em alguns casos podem ser letais, em diferentes espécies animais e humanos. Também existe as aflatoxinas M1 e M2, que são metabólitos hidroxilados das aflatoxinas B1 e B2 e podem estar presentes no leite e produtos derivados obtidos de animais que ingeriram rações contaminadas com estas aflatoxinas (IAMANAKA et al, 2013). Sabe-se que *Aspergillus flavus*, é o produtor de aflatoxinas do grupo B, e *A. parasiticus* e *A. nomius*, produtores de aflatoxinas do grupo B e G (KLICH & PITT, 1988; PITT, 1993; SAITO et al., 1989; KURTZMAN et al., 1987).

Ocratoxina: A ocratoxina é uma potente micotoxina nefrotóxica que pode causar câncer em animais de laboratório e em suínos. Os danos e o efeito letal podem variar de acordo com o animal e o tipo de ingestão. A ocratoxina é suspeita como causa parcial do câncer do trato urinário e danos ao rim que ocorre no leste europeu. Dentre as espécies de *Penicillium* que são produtoras de ocratoxina, *P. verrucosum* é a maior fonte de ocratoxina A, sendo esta espécie mais comum em países de climas temperados e frios, enquanto que *A. ochraceus*, *A. carbonarius* e outras espécies do grupo são mais comuns em climas tropicais e quentes. Outra espécie de *Penicillium* produtora de ocratoxina A é *P. nordicum* (IAMANAKA et al, 2013).

DON: o desoxinivalenol é a micotoxina de maior distribuição em alimentos e rações (Miller, 1995). O animal doméstico mais afetado é o suíno, sendo o sintoma de intoxicação aguda manifestada através de uma desordem intestinal. O DON raramente causa uma toxicidade aguda porque a sua presença na ração faz o animal rejeite o alimento. O Desoxinivalenol é comum em grãos de milho e sorgo e sua ocorrência está

associada primariamente com *Fusarium graminearum* e *F. culmorum*, sendo que no Brasil *F. graminearum* possui maior incidência, pois a espécie é mais comum em climas quentes (IAMANAKA et al, 2013).

Zearalenona: essa micotoxina ocorre principalmente em milho contaminado por *F. graminearum* e *F. culmorum*, sabe-se que essa micotoxina é um análogo do estrógeno e causa o hiperestrogenismo em suínos e tem sido implicada em vários incidentes nas mudanças da puberdade em crianças (KUIPER–GOODMAN et al., 1987), além disso o IARC (1993), avaliou a zearalenona como carcinogênico humano, levantando em pauta o seu possível capacidade de causar danos à saúde humana.

Fumonisinás: as fumonisinás são micotoxinas produzidas por várias espécies de *Fusarium*, porém possuem maior destaque em *F. verticillioides* e *F. proliferatum*. Existem pelo menos três fumonisinás ocorrendo naturalmente FB1, FB2 e FB3. A FB1 ocorre em concentração maior seguida pela FB2 e FB3. Essas micotoxinas têm sido encontradas como um contaminante comum de alimentos e rações à base de milho em países que possuem grande incidência dos fungos citados. A alimentação de milho contaminado com *F. verticillioides* tem sido associada às elevadas taxas de câncer esofágico no sul-africano (THIEL et al., 1992), além disso tem relação com a doença dos equinos leucoencefalomalácea (LEME) (IAMANAKA et al, 2013).

Citrinina: conhecida desde 1931 a citrinina é uma micotoxina produzida por *Penicillium citrinum*, podendo ser encontrada em vários produtos agrícolas, tais como cereais e milho (BOZZA, 2010). Os danos causados em animais e humanos estão relacionados com sérios problemas nos rins e aos tubos proximais, além de potenciais agentes causadores da nefropatia endêmica de Balkan, e de problemas asmáticos, rinite e conjuntivite (IZAWA, 1996; MURRAY, 2006; PEPELJNJAK, 2002).

3 | REGULAMENTAÇÃO BRASILEIRA

Não existe uma regulamentação mundial de limite máximo tolerado (LMT) de micotoxinas em produtos de origem agropecuária, apesar dos esforços em todo o mundo para definir esses números. Sabe-se dos danos que essas toxinas podem vir a causar na saúde humana e animal, porém ainda não há uma definição de teores máximos e mínimos. Segundo Silva et al.(2015), os níveis máximos tolerados que uma espécie pode vir a consumir está relacionado com a idade, sexo, imunidade, associação com outras enfermidades, além de outros fatores, bem como os efeitos de tempo de exposição ao consumo desses alimentos contaminados, sabe-se que algumas populações são mais expostas do que as outras devido a sua base alimentar, sendo assim, fica claro as inúmeras questões chaves que compõem e dificultam a regulamentação em um nível mundial.

No Brasil a Resolução RDC 07/2011, publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 22/02/2011, regulamentou os limites máximos tolerados de algumas micotoxinas (BRASIL, 2011), tendo o prazo máximo de cumprimento o ano de 2016, desta forma, a partir deste ano estabelecido o não cumprimento da Resolução RDC 07/2011 é considerado uma infração sanitária, desta forma ao ser identificado irregularidades, as empresas podem ser notificadas com multas de até R\$ 1,5 milhão de reais.

Na tabela 2 apresenta um compilado de informações quanto o tipo e o limite máximo tolerado (LMT) de micotoxinas em produtos e subprodutos de milho.

Micotoxina	Produto	LMT (μ /kg)
Aflatoxina	Milho, milho em grão (inteiro, partido, amassado, moído), farinhas ou sêmolos de milho	20
Ocratotoxina A	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada malteada	10
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	2
	Cereais para posterior processamento	20
Desoxivalenol	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Milho de pipoca	2000
	produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada	1750
	Milho em grão para posterior processamento	5000
Fumonisinias (B1 +B2)	Alimentos à base de milho para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha	2500
	Amido de milho e outros produtos à base de milho	2000
	Milho em grão para posterior processamento	5000
Zearalenona	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	20
	Milho de pipoca, canjiquinha, canjica, produtos e subprodutos à base de milho	300
	Milho em grão e trigo para posterior processamento	400

Tabela 2: Limite máximo tolerado (LMT) de micotoxinas em produtos e subprodutos de milho.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2020)

4 | DETOXIFICAÇÃO

Basicamente existem duas técnicas que visam a diminuição dos efeitos deletérios causados pelas micotoxinas, sendo elas: a prevenção e/ou a diminuição da contaminação do alimento e a detoxificação do alimento. Neste sentido, quando utilizamos técnicas para detoxificação devemos ter alguns critérios básicos, tais como: inativar grande parte das micotoxinas no alimento em questão pela transformação de componentes não tóxicos, o fungo (esporos e micélios) devem ser destruídos, o alimento deve continuar com suas propriedades físicas e químicas inalteradas e por fim, o processo deve ser economicamente viável.

O processo de detoxificação pode ser inativação físico ou químico, sendo subdivididos em:

- **Químico:** consistem em degradar ou inativar as micotoxinas, com uso de áci-

dos, bases, aldeídos, agentes oxidantes e gases (NORRED, 1993).

- **Amonização:** pode ser trabalhada em forma de gás, em solução ou com substâncias capazes de liberá-la, Piva et al. (1995) afirma que os resultados são satisfatórios, entretanto afirma os perigos das reações químicas e alerta que deve haver cuidados. Já Samarjeewa et al. (1990) afirmam que encontraram reduções de algumas micotoxinas em até 93% dos níveis de contaminação em amostras submetidas a esse tratamento.
- **Ozoniação:** O gás ozônio apresenta características sanitizantes além de ser mais seguro e potente do que os desinfetantes convencionais. O gás age diretamente na superfície dos microrganismos e destrói sua parede celular, além de possuir um alto potencial oxidativo. Pimentel et al, (2018), encontrou números promissores na redução de Fumonisin B1 e B2 em grãos de milho armazenados, em até 88,5% da concentração de micotoxinas.
- **Físico:** são os meios de detoxificação dos alimentos já contaminados.
 - **Extração por solventes:** os solventes mais utilizados são 95% de etanol, 90% de acetona aquosa, 80% de isopropanol, hexanometanol, metanol-água, acetonitrila-água, hexanoetanol-água e acetona-hexano-água. A extração por solventes podem remover todos os traços de algumas micotoxinas, como por exemplo as aflatoxinas sem a formação de subprodutos tóxicos. Entretanto essa técnica em larga escala torna-se o custo de produção muito alto (RUSTOM, 1997).
 - **Tratamento térmico:** pode ser aplicado aquecimento, extrusão e tratamento por Microondas, todos sendo baseados através da utilização do calor, entretanto, não é possível alcançar a destruição completa das micotoxinas, e é dependente de diversos fatores, tais como, nível de contaminação inicial, temperatura de aquecimento, tempo de exposição ao calor, tipo de alimento e de toxina, além de umidade, pH e concentração iônica do alimento (CARÃO et al., 2014).
 - **Irradiação:** essa técnica consiste em aplicar Irradiação Solar, Raios Gama ou Luz Ultravioleta, segundo Samarjeewa et al. (1990) radiação gama pode reduzir de 75 a 100% os níveis de aflatoxina, a luz ultravioleta reduz até 50%, e a irradiação solar de 50 a 90% da toxina presente.

5 | PERDAS ECONOMICAS E ESTRATÉGIA DE PREVENÇÕES

Não é tão visível as perdas provocadas por micotoxinas, uma vez que embora um

grão possa parecer sadio, sem aparentar possuir presença do agente patogênico, pode ser que exista partículas da toxina.

Neste contexto forma podemos destacar que os níveis de perdas causados por essas micotoxinas possuem vários níveis, tais como os citados por Iamanaka et al. (2013), no qual destaca que as micotoxinas estão relacionadas as perdas diretas na produção agrícola, números quantitativos e qualitativos em animais, pois o seu consumo acarretam o desenvolvimento de doenças e diminuição da produtividade, bem como o desenvolvimento do crescimento do animal, e estão relacionados com doenças crônicas no homem, além disso, também influenciam na economia, uma vez que a presença de micotoxinas aumentam os custos de produção, pois existem custos de controle para essas toxinas, como a destoxidação que age da redução dos níveis de micotoxinas para que esses produtos recuperem os níveis aceitáveis, e por fim, e o mais importante é a rejeição dos produtos pelo mercado importador, existem países que estabelecem níveis tolerados de micotoxinas afim de proteger a sua população.

Para que haja um controle satisfatório das micotoxinas uma serie de fatores devem estar relacionados, desde cuidados na fase de produção que vem do campo, com adoção de práticas agrícolas corretas, tais como redução de danos mecânicos nos grãos, colheita na época correta (maturidade fisiológica) e secagem para que o grão atinja uma umidade satisfatória para armazenamento, além do controle da qualidade das sementes, que devem ser limpas afim de remover a matéria orgânica e as sementes eventualmente danificadas ou então fungadas. O controle das micotoxinas estão relacionadas com a relação do controle de entrada de alimentos e rações contaminadas na fábrica, então torna-se essencial a aplicação de controle de entrada e inspeção desses produtos, e quando detectados níveis significativos devem ser encaminhados quando possível à destoxidação, afim de reduzir os níveis de micotoxinas do lote de grãos.

6 | CONCLUSÃO

O milho compõe a base alimentar tanto do ser humano quanto de animais de criação, por sua vez, alimentos contaminados por micotoxinas oferecem riscos à saúde da população através do desenvolvimento de doenças crônicas e redução da produtividade de animais na pecuária destinados a alimentação humana. Desta forma podemos salientar que através da regulamentação da ANVISA da Resolução RDC 07/2011, no qual estabelece os limites máximos tolerados de micotoxinas em alimentos destinados a alimentação humana a partir do ano de 2016, no qual já está em vigência, que apesar de não haver um número destrinco e estabelecido por entidades mundiais, aqui no Brasil, já possuímos um número que norteia a produção e favorece um critério de produção, sendo assim, garantindo maior segurança alimentar de produtos produzidos aqui.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Anvisa estabelece limites para presença de micotoxinas em alimentos.** <http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_

lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2663554&_101_type=content&_101_groupId=219201&_101_urlTitle=anvisa-estabelece-limites-para-presenca-de-micotoxinas-em-alimentos&inheritRedirect=true. Acesso em: 14 set. 2020.

BENNETT, J. W.; KLICH, M. **Mycotoxins**. *Clinical Microbiological Reviews*, 16. 2003.

BOZZA, Angela. **Deteção e quantificação de ocratoxina A produzida por espécies de *Aspergillus* isoladas de grãos de café**. 2010.

BRASIL. Resolução nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. **Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 fev. 2011. Seção 1, p. 72.

CARÃO, Ágatha Cristina de Pinho et al. **Métodos físicos e químicos de detoxificação de aflatoxinas e redução da contaminação fúngica na cadeia produtiva avícola**. *Ciência Rural*, v. 44, n. 4, p. 699-705, 2014.

FAO. **Micotoxinas em grãos**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/Y1390S/y1390s04.htm>>. Acesso em: 14 set. 2020.

FERREIRA, WPM et al. **Clima, época de plantio e zoneamento agrícola**. Embrapa Milho e Sorgo- Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2011.

IAMANAKA, Beatriz Thie; OLIVEIRA, Idjane Santana; TANIWAKI, Marta Hiromi. **Micotoxinas em alimentos**. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, v. 7, p. 138-161, 2013.

IARC WORKING GROUP ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS; INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER; WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins**. World Health Organization, 1993.

IZAWA, Satoko et al. **Inhibitory effects of food-coloring agents derived from *Monascus* on the mutagenicity of heterocyclic amines**. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 45, n. 10, p. 3980-3984, 1997.

KLICH, M. A.; PITT, J. I. **Differentiation of *Aspergillus flavus* from *A. parasiticus* and other closely related species**. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 91, n. 1, p. 99-108, 1988.

KUIPER-GOODMAN, Tine. **Prevention of human mycotoxicoses through risk assessment and risk management**. *Mycotoxins In Grain, Compounds Other Than Aflatoxin*. JD Miller and HL Trenholm (Eds). Eagan Press, St. Paul, Minnesota, USA, p. 439-469, 1994.

KURTZMAN, C. P.; HORN, B. W.; HESSELTINE, C. W. ***Aspergillus nomius*, a new aflatoxin-producing species related to *Aspergillus flavus* and *Aspergillus tamarii***. *Antonie van Leeuwenhoek*, v. 53, n. 3, p. 147-158, 1987.

MÁRCIA, B. A.; LAZZARI, F. A. **Monitoramento de fungos em milho em grão, grits e fubá**. *Food Science and Technology*, v. 18, n. 4, p. 363-367, 1998.

MILLER, J. David. **Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research**. *Journal of Stored Products Research*, v. 31, n. 1, p. 1-16, 1995.

MURRAY, Rosenthal; ROSENTHAL, S.; KOBAYASHI, M. A. Pfaller. **Microbiologia médica**. 2006.

NORRED, William P. **Fumonisin-mycotoxins produced by *Fusarium moniliforme***. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues, v. 38, n. 3, p. 309-328, 1993.

PEPELJNJAK, Stjepan et al. **Citrinotoxigenicidade de *Penicillium* sp. isolado de maçãs deterioradas**. Brazilian Journal of Microbiology, v. 33, n. 2, p. 134-137, 2002.

PIMENTEL, Marco Aurelio Guerra et al. **Eficiência do gás ozônio na detoxificação de micotoxinas em grãos de milho armazenados**. In: Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: resumos. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018., 2018.

PINTO, N.F.J. de A. **Podridão branca da espiga de milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 2006.

PITT, John I. **Corrections to species names in physiological studies on *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus***. Journal of food protection, v. 56, n. 3, p. 265-269, 1993.

RUSTOM, Ismail Y.S. **Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods**. Food chemistry, v. 59, n. 1, p. 57-67, 1997.

SAITO, M. et al. **Atypical strains of *Aspergillus flavus* isolated in maize fields: Aflatoxin-producing ability and distribution in Thailand**. JARQ (Japan), 1989.

SAMARAJEEWA, U. et al. **Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods**. Journal of food protection, v. 53, n. 6, p. 489-501, 1990.

SILLIKER, J. H. et al. **Ecologia microbiana de los alimentos**, volume II. Productos alimentícios, Editorial ACRIBIA SA, Zaragoza, 1985.

DA SILVA, D. D. et al. **Micotoxinas em cadeias produtivas do milho: riscos à saúde animal e humana**. Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E), 2015.

THIEL, Pieter G. et al. **The implications of naturally occurring levels of fumonisins in corn for human and animal health**. Mycopathologia, v. 117, n. 1-2, p. 3-9, 1992.

CAPÍTULO 2

CONTROLE ALTERNATIVO DE MOFO-BRANCO: UM MANEJO SUSTENTÁVEL

Data de aceite: 28/10/2020

Data de submissão: 23/09/2020

Lucas Pereira da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4540501906478241>

Ana Claudia da Silva Mendonça

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1722595984900368>

Vinícius Villa e Vila

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8707040323232469>

Gustavo Arana Demitto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6376822761223304>

Wesley Patrick Santos Cardoso

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6141222944554502>

João Pedro Carlos Prieto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8963015393777299>

Amanda do Prado Mattos

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC
Lages – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3654596926242328>

Wérica Bruna da Silva Valim

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3682852440863641>

Vitor Henrique Gonçalves Lopes

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8235633877643737>

Camila de Cassia da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8196551482918960>

Bruna Cristina de Andrade

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3386761883933028>

Priscila Angelotti Zampar

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5590072790143208>

RESUMO: O mofo-branco é uma doença causada por *Sclerotinia sclerotiorum*, no qual é um fungo altamente polífago, capaz de acometer danos em mais de 500 plantas. Existem diversas formas de controle capazes de frear o desenvolvimento do mofo-branco nos campos, dentro eles o mais famoso é o controle químico, entretanto, é muito importante a adoção de estratégias e o uso de controles menos degradativos ao meio ambiente, desta forma, afim de ir contramão ao uso de defensivos químicos, afim de agregar mais valor à sustentabilidade e agroecologia, neste capítulo iremos abordar os diferentes tipos de controle alternativo para essa doença.

PALAVRAS-CHAVE: *Sclerotinia sclerotiorum*; Controle biológico, Homeopatia, Extratos; Óleos essenciais

ALTERNATIVE CONTROL OF WHITE MOFO: A SUSTAINABLE MANAGEMENT

ABSTRACT: White mold is a disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum*, in which it is a highly polyphagous fungus, capable of affecting damage in more than 500 plants. There are several forms of control capable of stopping the development of white mold in the fields, among them the most famous is chemical control, however, it is very important to adopt strategies and use less degrading controls to the environment, in order to go against the use of chemical pesticides, in order to add more value to sustainability and agroecology, in this chapter we will address the different types of alternative control for this disease.

KEYWORDS: *Sclerotinia sclerotiorum*; Biological control, Homeopathy, Extracts; Essencial oils

1 | INTRODUÇÃO

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, é o fitopatógeno causador da podridão-de-esclerotínea ou Mofo-branco e vem sendo estudada desde 1937. O Mofo-Branco é um fungo altamente polífago sendo capaz de infectar mais de 500 espécies de plantas, incluindo árvores, arbustos, plantas ornamentais, plantas daninhas e importantes culturas, como algodão, alfafa, canola, cenoura, alface, batata, tomate, soja, feijão, entre outras, além de possuir uma ampla distribuição pelo mundo (SAHARAN & MEHTA, 2008).

Pertencente a ordem Helotiales, a principal característica dos fungos dessa ordem é a formação de escleródios bem desenvolvidos, sendo a família Sclerotiniaceae caracterizada pela produção, no ciclo sexual, de apotécios com estipe, a partir da germinação dos escleródios (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006). Esses escleródios formados pelo Mofo-branco são um enovelado de hifas de coloração branca, que tornam-se negros após um tempo. A germinação dos escleródios podem ser carpogênica que ocorre através dos escleródios que produzem apotécios e sucessivamente os ascósporos, ou então a germinação pode ocorrer por miceliogênica que é caracterizada pelo crescimento de hifas. Segundo Paula Júnior et al. (2010), cada escleródio é capaz de dar origem a mais de 20 apotécios.

Os danos típicos causados pelo Mofo-branco em culturas agrícolas são as lesões encharcadas de onde crescem as hifas e ocorrem o abundante desenvolvimento micelial, e posteriormente o apodrecimento de diversas partes da planta, ocasionadas pelas diversas toxinas produzidas pelo fungo nos tecidos infectados (GRAU & RADKE, 1984).

Existem diversas formas de controle capazes de frear o desenvolvimento do mofo-branco nos campos, dentro eles o mais famoso é o controle químico que basicamente limita-se à cinco ingredientes ativos: fluazinam, procimidona, tiofanato metílico, carbendazin e cloreto de benzalcônico. Neste contexto, o uso contínuo desses fungicidas acelera o desenvolvimento de variantes do patógeno resistentes aos produtos disponíveis no mercado, possivelmente inutilizando esses ingredientes no futuro (MUELLER et al., 2002).

É muito importante a adoção de estratégias e o uso de controles menos degradativos ao meio ambiente, desta forma, neste capítulo levantaremos métodos de controle alternativo

para o mofo-branco, dando ênfase no controle biológico, na utilização de compostos homeopáticos, extratos e óleos essenciais.

2 | CONTROLE BIOLÓGICO

A premissa básica do controle biológico é o controle das doenças de interesse através da utilização de outros microrganismos que são inimigos naturais, no qual podem ser fungos, bactérias ou vírus. É um método de controle racional e sadio, que tem como objetivo final utilizar esses inimigos naturais que não deixam resíduos nos alimentos e são inofensivos ao meio ambiente e à saúde da população.

Na literatura são citados inúmeros microrganismos capazes de parasitar os escleródios de Mofo-branco, tais como: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Bacillus* entre outros. Esses microrganismos capazes de parasitar os escleródios de mofo-branco, no campo, atuam predando através da produção enzimática, sendo assim, o resultado é a redução acentuada da população do patógeno no solo (LOPES et al., 2012).

Com o foco de estudar o parasitismo de escleródios por *T. harzianum* em campo, Geraldine et al. (2013) encontrou resultados promissores, no qual relata o controle de aproximadamente 70% da doença, além disso Görge et al. (2009) relata o mesmo potencial de controle, porém através da interação de *T. harzianum* com a cobertura do solo com *Urochloa ruziziensis* para o sucesso do biocontrole, através da redução do número de escleródios no campo.

Bactérias também vem sendo estudadas para o biocontrole de *S. sclerotiorum*, Shiomi et al. (2017) realizou experimentos sob condições controladas em laboratório e em casa de vegetação, envolvendo o uso das bactérias *Bacillus alcalophilus*, *Bacillus cereus* GC subgrupo B, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Yersinia bercovieri* e *Photorhabdus luminescens-luminescens*, provenientes de biofertilizantes à base de esterco bovino e suíno, e os resultados obtidos foram a inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, com valores entre 31% e 46% por *Bacillus cereus*, *Photorhabdus luminescens-luminescens* e *Yersinia bercovieri*, essas mesmas bactérias foram capazes de controlar o desenvolvimento da doença em sementes e plantas de soja em até 50%, mostrando assim o potencial capaz de biocontrole dessas bactérias.

A possível explicação da capacidade de algumas bactérias em reduzir o número de outros fitopatógenos é através da produção de diferentes compostos antibióticos e enzimas extracelulares, como por exemplo as bactérias do gênero *Bacillus* sp., que produzem engluconases, quitinases, amilases, proteases, entre outros produtos (BAL et al., 2009; HIRASAWA et al., 2006), podendo assim desempenhar o biocontrole do mofo-branco.

O uso do controle biológico para o controle de mofo-branco é relativo a alguns fatores, como por exemplo o número de escleródios no solo, pois o maior entrave do controle biológico à fitopatógenos é colocar em contato o agente de biocontrole com o fitopatógeno, para isso deve ser colocado em consideração as condições de aplicação, viabilidade, variáveis ambientais, dentre outros. Lavoras com uma alta quantidade de escleródios no solo tendem a continuar infectando as plantas por ascósporos até que o

número de escleródios no solo seja reduzido drasticamente (PELTIER et al., 2012), para isso deve-se ser elaborado várias estratégias e colocar em utilização diversas formas de controle para a redução de danos por mofo-branco.

3 | SOLUÇÕES HOMEOPÁTICAS

Largamente utilizada e estudada na saúde humana, a homeopatia se baseia no tratamento das doenças com medicamentos que numa pessoa saudável produziram sintomas semelhantes aos da doença, ou seja, em vez de combater a doença, os medicamentos têm por função estimular o corpo a lutar contra a doença. Segundo Carneiro (2011), a homeopatia é uma ciência aplicável em qualquer ser vivo, no qual pode-se ser utilizada também em vegetais (BONATO, 2007).

Em 1999 a homeopatia foi aceita e reconhecida pela Instrução Normativa número 7, como insumo agrícola (BRASIL, 1999), e desde então o uso da homeopatia em plantas vem sendo estudada e aplicada (LISBOA et al., 2005). Andrade et al. (2012) ao utilizar um preparado homeopático feito da própria planta, estimulou o aumento de compostos ativos nos tecidos de chambá (*Justicia pectoralis*) em 77%, já Oliveira et al. (2014) salienta que a homeopatia em plantas podem ativar os mecanismos de defesa vegetal, tais como peroxidase, catalase, quitinase, β -1,3-glucanase e fitoalexinas.

Neste contexto, ainda é escassos os trabalhos no qual utilizam-se preparos homeopáticos para controle de doenças fúngicas na agricultura, ainda mais quando o patógeno de interesse é o Mofo-Branco. Rissato (2017), ao estudar as soluções homeopáticas de *Phosphorus* e *Calcarea carbônica*, encontrou resultados significativos, no qual foi o controle do Mofo-branco em feijoeiro, apresentando atividade antimicrobiana *in vitro* contra *S. sclerotiorum* e capacidade indutora de resistência pela ativação da fitoalexina faseolina e das enzimas peroxidase, catalase, fenilalanina amônia-liase e β -1,3-glucanase. Outro resultado de grande importância foi encontrado por Marques et al. (2020), ao testar as soluções homeopáticas de *Sulphur* e *Lycopodium clavatum*, as soluções foram capazes de reduzir o crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* e o progresso da doença mofo-branco em tomateiro, com destaque para a solução homeopáticas de *Sulphur* que teve a menor variação no evento de inibição do patógeno.

A utilização de compostos homeopáticos é uma alternativa para uma agricultura de baixo custo, no qual contribui para uma menor dependência de insumos agrícolas de grande impacto, mais sustentável, com um cunho social justo e ambientalmente correto (TOLEDO, 2014).

Pesquisas que mostram a funcionabilidade de compostos homeopáticos no controle de mofo-branco como os apresentados a cima, tem como objetivo reduzir o impacto negativo no meio ambiente que fungicidas podem vir a causar, tornando-se uma alternativa não apenas para sistemas orgânicos ou agroecológicos, mas também para outros sistemas agrícolas (RISSATO, 2017).

4 I EXTRATOS VEGETAIS E ÓLEOS ESSENCIAIS

Nos últimos anos tem se ganhado força a utilização e estudos quanto os efeitos de óleos essenciais e extratos vegetais no combate à doenças fúngicas na agricultura, esses óleos e extratos que possuem capacidade fungicida, atuam inibindo o crescimento micelial e a germinação dos esporos (ATTI-SANTOS, 2010).

Esses extratos e óleos tem sido visto como uma atividade promissora para o desenvolvimento de produtos fitossanitários de baixo impacto, podendo ser utilizados pelo produtor sem riscos ambientais ou sanitários, ou então servir de matéria-prima para síntese de novos fungicidas (CELOTO et al., 2008).

Os extratos vegetais são definidos como preparações de consistência líquida ou viscosa, podendo ser obtidos por maceração ou percolação com água ou álcool. Os constituintes solúveis em água (hidrofílicos) podem ser extraídos com água, enquanto os constituintes solúveis em gordura (lipofílicos) são extraídos de uma parte específica da planta com álcool ou outros solventes.

Por sua vez os óleos essenciais são definidos como compostos aromáticos voláteis extraídos de plantas aromáticas por processos de destilação, compressão de frutos ou extração com o uso de solventes. Geralmente são altamente complexos, compostos às vezes de mais de uma centena de componentes químicos. Estas substâncias podem ser encontradas nas flores, nas folhas, nos caules, nas hastes, nos pecíolos, nas cascas ou nas raízes. Produzidas por diversos tipos de plantas, e são constituídas por centenas de substâncias diferentes (chamadas de ativos químicos), como moléculas de terpenos (mono, sesqui e diterpeno) e terpenoides (álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas, lactonas, cumarinas, ésteres, fenóis, entre outros).

Ao pesquisar a capacidade de óleo de nim na formação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, Mello et al. (2005) relatou que as diluições do óleo a 0,25, 0,5 e 2% foram capazes de reduzir a formação de escleródios do mofo-branco. Já Martins et al. (2011) ao estudar a capacidade de *Melaleuca arternifolia*, no desenvolvimento de mofo-branco, constatou que a partir da concentração de 0,2% incorporado à meio de cultura, reduz o crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Garcia et al. (2012) ao avaliar a atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais, relata que Nim Indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) e Karanja (*Pongamia glabra*) são eficientes na redução do crescimento micelial de mofo-branco, e essa redução do crescimento micelial é proporcional ao aumento das concentrações do óleo, além disso, ao misturar ambos, proporcionam maior efeito inibitório, sendo assim, demonstram um efeito sinérgico, já o extrato vegetal aquoso que apresentou menor desenvolvimento micelial, quando comparado com a testemunha, foi o de Pimenta longa (*Piper aduncum* L.), com redução de até 43% do desenvolvimento do patógeno.

Em outro estudo, com o intuito de avaliar a capacidade de *in vitro* e *in vivo* do óleo essencial de *Piper mikianum* (Pariparoba) em relação ao controle de esclerotinia em alface, Pansera et al. (2015) relata que o óleo essencial inibiu o desenvolvimento do fitopatógeno. Já Fonseca et al. (2015) ao testar diferentes óleos essenciais *in vitro* encontrou resultados satisfatórios na redução do desenvolvimento de *Sclerotinia sclerotiorum* pelos óleos essenciais de alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*), arnica-brasileira

(*Porophyllum ruderale*) e aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*), porém frisa que deve-se ser realizados mais testes afim de garantir o seu potencial de uso em campo.

5 I CONCLUSÃO

O controle alternativo de doenças de plantas tem ganhado força nas ultimas décadas devido ao uso excessivo de defensivos agrícola e questões sociais envolvidas. Diante do exposto apresentado neste capítulo, práticas alternativas devem ser adotadas para o manejo sustentável do mofo-branco, no qual é um patógeno altamente polífago, isso é, capaz de acometer prejuízos em diversas culturas, desta forma, afim de controlar essa doença em uma atmosfera mais sustentável sem o uso de químicos, vimos neste capítulo que é possível reduzir os danos causados pela *Sclerotinia sclerotiorum* através do uso dos diversos tipos de controle, tais como o biológico, homeopático, extratos e óleos vegetais, sendo assim, acarretando na diminuição do uso de produtos agrícola que podem vir a acometer prejuízos na saúde e meio ambiente.

REFERENCIAS

- ANDRADE, Fernanda Maria C.; CASALI, Vicente Wagner D.; CECON, P. R. C. **Efeito de dinamizações de *Arnica montana* L. no metabolismo de chambá (*Justicia pectoralis* Jacq.).** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 14, n. SPE, p. 159-162, 2012.
- BAL, S. et al. **Characterization and extracellular enzyme activity of predominant marine *Bacillus* spp. isolated from sea water of Orissa Coast, India.** Malaysian J. of Microbiology, v. 5, n. 2, p. 87-93, 2009.
- BOLTON, Melvin D.; THOMMA, Bart PHJ; NELSON, Berlin D. ***Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen.** Molecular plant pathology, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2006.
- BONATO, C. M. **Homeopatia em modelos vegetais.** Cultura homeopática, v. 21, n. 6, p. 24-28, 2007.
- BRASIL. **Instrução normativa nº 07, de 17 de maio de 1999.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, v. 99, n. 94, p.11-14, mai. 1999.
- CELOTO, Mercia Ikarugi Bomfim et al. **Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 30, n. 1, p. 1-5, 2008.
- DOS SANTOS, Ana C. Atti et al. **Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Anacardiaceae*, do Rio Grande do Sul.** Brazilian Journal of Pharmacognosy, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2010.
- FONSECA, Maira Christina Marques et al. **Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 17, n. 1, p. 45-50, 2015.
- GARCIA, Riccely Ávila et al. **Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*.** Bioscience Journal, v. 28, n. 1, 2012.
- GERALDINE, Alaerson Maia et al. **Cell wall-degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of white mold by *Trichoderma* spp.** Biological Control, v. 67, n. 3, p. 308-316, 2013.

- GÖRGEN, Claudia Adriana et al. **Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, n. 10, p. 1102-1108, 2010.
- GRAU, C. R. et al. **Effects of cultivars and cultural practices on *Sclerotinia* stem rot of soybean.** Plant Disease, v. 68, n. 1, p. 56-58, 1984.
- HIRASAWA, Kazumichi et al. **Salt-activated endoglucanase of a strain of alkaliphilic *Bacillus agaradhaerens*.** Antonie Van Leeuwenhoek, v. 89, n. 2, p. 211-219, 2006.
- LISBOA, S. P. et al. **Nova visão dos organismos vivos e o equilíbrio pela homeopatia.** Viçosa: UFV, 2005.
- LOPES, Fabyano Alvares Cardoso et al. **Biochemical and metabolic profiles of *Trichoderma* strains isolated from common bean crops in the Brazilian Cerrado, and potential antagonism against *Sclerotinia sclerotiorum*.** Fungal Biology, v. 116, n. 7, p. 815-824, 2012.
- Marques, P. C.; Rissato, B. B.; Schwan-Estrada, K. R. F. **Crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, repertorização de sintomas e controle do mofo branco em tomateiro por medicamentos homeopáticos.** In: Amaral, H.F. & Schwan-Estrada, K.R.F.; Agricultura em bases agroecológicas e conservacionista. Ponta Grossa, PR: Editora Atena, cap.15, p.160-172, 2020.
- MARTINS, Juliana Araújo Santos et al. **Avaliação do efeito do óleo de melaleuca sobre o crescimento micelial in vitro de fungos fitopatogênicos.** Bioscience Journal, v. 27, n. 1, 2011.
- MELLO, Alexandre Furtado Silveira; LOURENÇO, Silvia de Afonseca; AMORIM, Lilian. **Alternative products in the "in vitro" inhibition of *Sclerotinia sclerotiorum*.** Scientia Agricola, v. 62, n. 2, p. 179-183, 2005.
- MUELLER, D. S. et al. **Efficacy of fungicides on *Sclerotinia sclerotiorum* and their potential for control of *Sclerotinia* stem rot on soybean.** Plant disease, v. 86, n. 1, p. 26-31, 2002.
- CARNEIRO, Solange Monteiro de Toledo Piza et al. **Homeopatia: princípios e aplicações na agroecologia.** In: Homeopatia: princípios e aplicações na agroecologia. 2011. p. 234-234.
- OLIVEIRA, Juliana Santos Batista et al. **Activation of biochemical defense mechanisms in bean plants for homeopathic preparations.** African Journal of Agricultural Research, v. 9, n. 11, p. 971-981, 2014.
- PANSERA, Marcia Regina et al. **Utilização de extratos vegetais e óleos essenciais no controle do Mofo Branco em alface.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 10, n. 2, 2015.
- PAULA JUNIOR, T. J. et al. **Mofo-branco.** Cultura do feijão: doenças e controle. Ponta Grossa: UEPG, p. 133-148, 2010.
- PELTIER, Angelique J. et al. **Biology, yield loss and control of *Sclerotinia* stem rot of soybean.** Journal of Integrated Pest Management, v. 3, n. 2, p. B1-B7, 2012.
- RISSATO, Bruna Broti et al. **Atividade in vitro sobre *Sclerotinia sclerotiorum*, indução em mecanismos bioquímicos de defesa e controle de mofo branco em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por soluções homeopáticas.** 2017.
- SAHARAN, Govind Singh; MEHTA, Naresh. ***Sclerotinia* diseases of crop plants: biology, ecology and disease management.** Springer Science & Business Media, 2008.

Shiomi, H. F., Ferreira, M.V.R., de MELO, I. S. **Bioprospecção de isolados bacterianos para o controle biológico do mofo branco na soja.** Scientific Electronic Archives, Vol. 10 (2), 2017.

TOLEDO, Márcia Vargas et al. **Genótipos de tomateiros infectados por patógenos e tratados com medicamentos homeopáticos: severidade de doenças e aspectos fisiológicos.** 2014.

CAPÍTULO 3

USO DA BIOLOGIA MOLECULAR NO ESTUDO DA DOENÇA *Citrus tristeza virus*

Data de aceite: 28/10/2020

Data de submissão: 23/09/2020

Ana Claudia da Silva Mendonça

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1722595984900368>

Lucas Pereira da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4540501906478241>

Vinícius Villa e Vila

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8707040323232469>

Wesley Patrick Santos Cardoso

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6141222944554502>

Gustavo Arana Demitto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6376822761223304>

João Pedro Carlos Prieto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8963015393777299>

Amanda do Prado Mattos

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC
Lages – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3654596926242328>

Wérica Bruna da Silva Valim

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3682852440863641>

Vitor Henrique Gonçalves Lopes

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8235633877643737>

Camila de Cassia da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8196551482918960>

Bruna Cristina de Andrade

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3386761883933028>

Priscila Angelotti Zampar

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5590072790143208>

RESUMO: O estudo minucioso do patógeno é muito importante para que se entenda uma doença, a biologia molecular torna possível o estudo no nível de DNA e RNA, gerando uma compreensão maior dos processos internos que o patógeno realiza, assim como a resposta da planta a aquele patógeno. Desta forma as técnicas moleculares são de extrema importância no estudo da virose causadora da Tristeza dos citros.

PALAVRAS-CHAVE: técnicas moleculares, virose, Tristeza dos citros.

USE OF MOLECULAR BIOLOGY IN THE DISEASE STUDY *Citrus tristeza virus*

ABSTRACT: The detailed study of the pathogen is very important to understand a disease, molecular biology makes it possible to study at the level of DNA and RNA, generating a greater understanding of the internal processors that the pathogen performs, as well as the plant's response to that pathogen. . Thus, molecular techniques are extremely important in the study of the viruses that cause citrus sadness.

KEYWORDS: molecular techniques, virus, Tristeza dos citrus.

1 | INTRODUÇÃO

A biologia molecular traz técnicas que auxiliam a genômica, por sua vez a genômica tem como objetivo entender os genes e a organização da informação genética dentro do genoma, ainda existe muito a se conhecer sobre a função dos genes, já que boa parte dos genes sequenciados não tem função conhecida (Carrer et al. 2010)

Segundo Benson et al. (2010) o banco de dados do National Center for Biotechnology Information (NCBI) possui mais de 106 bilhões de nucleotídeos de 108 milhões de sequências individuais e esses números estão em um crescente exponencial. O aumento desses dados forma possíveis a partir do sequenciamento completo do genoma de *Arabidopsis thaliana* no ano 2000, apesar desse genoma ser pequeno em consideração a outras espécies foi um marco importante (Mahalakshmi & Ortiz, 2001). Mas os estudos tendem a evoluir, pois a partir do genoma os conhecimentos serão aprofundados, em relação as proteínas que estão sendo expressas e as modificações pós-transcricionais (Canovas et al., 2004).

A tristeza dos citros está disseminada por todas as regiões produtoras de citros do mundo, principalmente, na América do Sul, Estados Unidos, Espanha e Israel (Bordignon et al., 2003). O primeiro caso da doença ocorreu na África do Sul, na época ainda não se sabia que era a doença causada pelo vírus da tristeza, mas acreditava-se que uma incompatibilidade entre o porta-enxerto e a variedade copa é que estava gerando a diminuição do desenvolvimento das plantas e frutos (Bordignon et al., 2003). E essa será a doença alvo da revisão, compreender as metodologias empregadas no estudo da doença.

2 | DOENÇA TRISTEZA DE CITROS

O CTV foi observado pela primeira vez no Brasil em plantas com sintomas de Tristeza analisadas em microscópio eletrônico por Kitajima et al. (1964). No fim da década de 50, em São Paulo houve grandes perdas em pomares que continham a variedade laranja pera, fazendo-se necessário o desenvolvimento de um programa de pré-imunização ou proteção cruzada com isolados fracos do vírus, já que a variedade é de extrema importância para a exportação. (Müller et al., 1999). Desta maneira a manutenção da cultura no Brasil após o início da dispersão da doença ocorreu devido ao uso de porta-enxertos tolerantes e a pré-imunização de copas com grande suscetibilidade (Leite Junior, 1992).

O *Citrus tristeza vírus* pertence à família *Closteroviridae*, gênero *Closterovirus*, apresentando partículas filamentosas e flexuosas, medindo 1.250 a 2.000 nm de comprimento e com 10-12 nm de diâmetro (Martelli et al., 2005), esse vírus possui genoma

não-segmentado, RNA de fita simples e polaridade positiva. O patógeno tende a infectar e se restringir aos vasos condutores do floema, sendo eficiente no movimento de longa distância na planta (Muller et al., 2005; Herron et al., 2006). O genoma do CTV possui de 19.226 a 19.296 nucleotídeos, com 12 ORFs (Open Reading Frames), além das regiões não traduzidas (UTR), codificando pelo menos 19 proteínas (Satyanarayana et al., 2004, 2011; Müller et al., 2005).

A população do CTV a campo passa por mutações naturais da RNA polimerase (Sambade et al., 2007), a pressão de seleção é grande devido ao fluxo gênico resultante de repetidas inoculações das plantas a campo pelo vetor e o movimento de borbulhas infectadas entre regiões (Rubio et al., 2001; Papayiannis et al., 2007).

3 I TÉCNICAS MOLECULARES PARA CTV

O vírus da tristeza é muito estudado, os primeiros estudos foram realizados por Lee e Calvert, 1987 mapeando a proteína do capsídeo viral, posteriormente a análise de RNA de fita dupla (dsRNA) de plantas infectadas (Dodds et al., 1987). Foi realizada a clonagem e o sequenciamento do genoma viral (Pappu et al., 1993). As técnicas de detecção evoluíram e atualmente utiliza técnica da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) (Mavrodieva;Garnsey, 2005) e de Real Time PCR (qPCR), esta técnica além de detectar determina a quantidade de partículas virais no tecido, esta sendo mais recente (Ruiz-Ruiz et al., 2007).

Mas além da detecção existem muitos estudos da variedade existente dentro da população viral, as técnicas utilizadas são: Análise do Polimorfismo de Fragmentos de Restrição (Restriction Fragment Length Polymorphism - RFLP) e por Polimorfismo Conformacional de DNA de Fita Simples (Single-Strand Conformation Polymorphism - SSCP) (Souza et al., 2000). É necessário o emprego dessas técnicas pois, o CTV é um complexo de vírus, composto por dois ou mais haplótipos geneticamente diferentes e relacionados imunologicamente (Powell, 1992; Bar-Joseph et al.,2002)

3.1 RFLP (Polimorfismo do Tamanho de Fragmentos de Restrição)

O metodo de RFLP é utilizado para detecção de mutações e polimorfismo genético, sendo assim o alvo de análise é a ação genica e as interações existentes entre alelos, para que seja desenvolvido mapeamentos quantitativos. A técnica utiliza enzimas de restrição que reconhecem sítios específicos na sequência de DNA, para que o corte seja realizado é necessário a presença dessa sequência, sendo assim, o resultado do processo são fragmentos de vários tamanhos que posteriormente são analisados por eletroforese (Hirata et al, 2006).

Essa técnica pode ser realizada com diferentes enzimas um exemplo é a Rsa I e Hinf I, para que seja feita a reação deve-se seguir as instruções do fabricante. Para essas duas enzimas sitadas a incubação deve ser 37°C por 4 horas. A análise dessas amostras podem ser feitas em gel de agarose ou poliacrilamida, sendo que o de poliacrilamida possui uma resolução maior.

Essa técnica é amplamente usada, Souza et al (2000) utilizou a técnica para

determinar mudança no isolado protetivo em plantas pré-imunizadas para *Citrus tristeza virus* (CTV). Corazza et al (2012) fez análises de polimorfismo do tamanho de fragmentos de restrição para obter a diversidade genética do vírus da tristeza dos citros em plantas da variedade pera localizadas no noroeste e norte do estado do Paraná, Brasil.

3.2 SSCP (Polimorfismo de Conformação de Fita Simples)

A técnica de SSCP (Single-Strand Conformation Polymorphism) é utilizada para detectar alterações na mobilidade eletroforética de fitas simples de ácidos nucléicos em condições não-desnaturantes. Ela detecta mutações a partir do arranjo conformacional da molécula. É ideal que as mutações detectadas por SSCP sejam confirmadas por sequenciamento de DNA (Sanger et al, 1977).

Existem algumas metodologias aqui iremos citar a metodologia adaptada por Corazza-Nunes et al. (2001), ela utiliza um produtor amplificado de PCR e uma alíquota com igual volume de solução desnaturante (95% de formamida, 2 mM de EDTA, e 0,05% de azul de bromofenol). O GCP desnaturado foi submetido à eletroforese em gel não desnaturante depoliacrilamida a 8%, temperatura de 25 °C, por um período de 16 horas e um corrente de 200V, o gel foi corado com nitrato de prata. O resultado do gel é analisado a partir dos perfis eletroforéticos, onde são realizadas observações do número e posição das bandas. Alguns programas podem auxiliar a obtenção de melhores resultados um exemplo é o programa Phylip (PHYLogeny Inference Package), versão 3.68 (Felsenstein, 2008).

Vários trabalhos utilizam esta técnica. Davino et al, (2005) estudou a estrutura genômica de populações de *Citrus tristeza virus* (CTV) a partir da análise de SSCP. Corazza. Nunes et al, (2001) utilizou a técnica para monitorar a proteção do isolado em plantas pré-imunizadas. Já Iglesias et al, (2008) utilizou os padrões eletroforéticos para identificação e caracterização de vírus. Ademais a técnica pode ser utilizada para análise de estabilidade de isolados protetores (COSTA et al., 2010).

3.3 Sequenciamento do Gene P25 para Caracterização Molecular de Isolados do CTV

O sequenciamento é uma das técnicas moleculares mais recentes ela determina a disposição dos nucleotídeos ao longo de um fragmento de DNA, essa técnica vem avançando cada vez mais em termos de equipamento Wu et al., 2010; Hagen et al. 2011). Essa técnica é utilizada por diferentes ramos da pesquisa, na virologia não é diferente.

Harper (2013) utilizou essa técnica para classificar os principais genótipos, e determinar os principais processos evolutivos que levaram à sua formação. Domínguez et al (2003) caracterizaram a resistência de plantas transgênicas de *Citrus aurantifolia* ao CTV por meio da análise do gene p25. E a expressão do gene p25 de dois isolados mexicanos do *Citrus tristeza virus* foram estudados por Cárdenas et al (2002). Demonstrando a aplicabilidade e eficiência da análise deste gene em estudos relacionados a tristeza dos citros.

3.4 Múltiplos Marcadores Moleculares

É uma técnica proposta por Hilf et al. (2005) de tipificação de isolados de ctv tentando relaciona-los aos sintomas que provocam no hospedeiro e os diferenciando, o trabalho

baseia-se na utilização de primers que atuam em duas regiões com cerca de 400 - 500 nt perto da extremidade 5' e uma região de aproximadamente 700 nt no gene da polimerase.

Marcador Molecular	Produto (pb)		Sequência dos primers (5'...3')
T36CP	671	F	ATGGACGACGAAACAAAGAAATTG
		R	TCAACGTGTGTTGAATTTCCCA
T36-5'	500	F	AATTTACAAAATTCAACCTG
		R	CTTTGCCTGACGGAGGGACC
T36K17	409	F	GTTTTCTCGTTTGAAGCGGAAA
		R	CAACACATCAAAAATAGCTAGT
T36POL	714	F	TGACGCTAACGACGATAACG
		R	ACCCTCGGCTTGTTTTCTTATG
T30-5'	594	F	CGATTCAAATTCACCCGTATC
		R	TAGTTTCGCAACACGCCTGCG
T30K17	409	F	GTTGTCGCGCCTAAAGTTCGGCA
		R	TATGACATCAAAAATAGCTGAA
T30POL	696	F	GATGCTAGCGATGGTCAAAT
		R	CTCAGCTCGCTTTCTCACAT
VT-5'	492	F	AATTTCTCAAATTCACCCGTAC
		R	CTTCGCCTTGGAATGGACTT
VTK17	409	F	GTTGTCGCGCTTTAAGTTCGGTA
		R	TACGACGTAAAAATGGCTGAA
VTPOL	695	F	GACGCTAGCGATGGTCAAGC
		R	CTCGGCTCGCTTTCTTACGT
T3K17	409	F	GTTATCACGCCTAAAGTTTGGT
		R	CATGACATCGAAGATAGCCGAA

QUADRO 2 - Sequência dos “primers” usados na amplificação por PCR de marcadores moleculares de CTV.

Segundo Licciardello et al., 2015 os MMM classificam os isolados a partir do perfil de amplificação gerado pelos marcadores, para que os genótipos sejam classificados existem isolados referencias que já foram determinados a partir dos padrões, os isolados são T36, VT, T30 e T3. Cada um desses isolados referência é associado a um determinado genótipo a partir do perfil de amplificação desses marcadores. Esse método está sendo utilizado na classificação de isolados de CTV (Biswas, 2010; Roy et al., 2005)

3.5 Transformação Genética de Plantas para Resistência a Vírus a Partir do Silenciamento Gênico

O silenciamento gênico pode ocorrer de maneira natural via infecção viral ou a partir de técnicas de transgenia (Waterhouse; Wang; Lough, 2001). O silenciamento de um

gene é induzido pelo vírus após a infecção viral (Andrade, 2005). De acordo com essas informações é possível que o silenciamento gênico evoluiu como um processo genético de defesa contra viroses e transposons (Waterhouse; Wang; Lough, 2001). O silenciamento se baseia na regulação da expressão de genes do patógeno, principalmente em nível pós-transcricional, ocorrendo a degradação do RNA após a sua transcrição, sem que ocorra a tradução da proteína (Fagard; Vaucheret, 2000)

A transgenia é uma importante ferramenta para o controle de viroses (Gottula; Fuchs, 2009). As formas de obtenção de plantas transgênicas por silenciamento são variadas, mas todas se baseiam na introdução de um gene no genoma na planta, que dificulta o estabelecimento do patógeno e o desenvolvimento da doença. Para a maioria dos patógenos os resultados não estão sendo efetivos, mas para as viroses a estratégia está sendo bem-sucedida. (Collinge; Lund; Thordal-Christensen, 2008). O mecanismo utilizado para as plantas resistentes a vírus utiliza o conceito de resistência derivada do patógeno (Pathogen-Derived Resistance – PDR), ou seja, o material genético o vírus alvo é utilizado como fonte do transgene a ser introduzido no genoma do hospedeiro. (Sanford; Johnston, 1985).

Os trabalhos utilizando a transgenia em grande parte utilizam a *Agrobacterium tumefaciens*, pois ela possui um plasmídeo indutor de tumor (Ti –Tumor-inducing) que possui o T-DNA (Transferred DNA), região que é inserida no genoma vegetal. Nesse plasmídeo é feita a retirada de características de incompatibilidade biológica entre bactéria e planta. A eficiência dessa técnica é alta para a maioria das plantas (Finer et al., 2006; Febres et al., 2011). A resistência conferida pode ser eficiente para várias estirpes de um mesmo vírus. No entanto, na maioria das vezes não confere alto nível de resistência, mas sim um atraso no aparecimento dos sintomas (Tepfer, 2002)

4 | CONCLUSÃO

A biologia molecular é uma técnica utilizada para diferentes patógenos, mas para a virologia ela tem uma expressão muito maior devido o tamanho das partículas virais, e por existirem vírus que não expressam sintomas. Ademais as técnicas moleculares auxiliam em aumentar a compreensão do patógeno.

REFERÊNCIAS

BAR-JOSEPH, M. et al. **The continuous challenge of Citrus tristeza virus molecular research.** In: International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010). 2002.

BATISTA, L. et al. **Spatiotemporal dynamics of Citrus tristeza virus in Cuba.** Plant pathology, v. 57, n. 3, p. 427-437, 2008.

BENSON, Dennis A. et al. **GenBank.** Nucleic acids research, v. 39, n. suppl_1, p. D32-D37, 2010.

BISWAS, K. K. **Molecular characterization of Citrus tristeza virus isolates from the Northeastern Himalayan region of India.** Archives of virology, v. 155, n. 6, p. 959-963, 2010.

BORDIGNON, Rita et al. **A tristeza dos citros e suas implicações no melhoramento genético de porta-enxertos.** *Bragantia*, v. 62, n. 3, p. 345-355, 2003.

CANOVAS, Francisco M. et al. **Plant proteome analysis.** *Proteomics*, v. 4, n. 2, p. 285-298, 2004.

CÁRDENAS, María Magdalena Iracheta et al. **Molecular cloning and expression of the p25 gene of two Mexican isolates of Citrus tristeza virus.** *Revista Mexicana de Fitopatología*, v. 20, n. 2, p. 174-181, 2002.

CARRER, Helaine; BARBOSA, André Luiz; RAMIRO, Daniel Alves. Biotecnologia na agricultura. *Estudos avançados*, v. 24, n. 70, p. 149-164, 2010.

COLLINGE, David B.; LUND, Ole Søggaard; THORDAL-CHRISTENSEN, Hans. **What are the prospects for genetically engineered, disease resistant plants?.** In: *Sustainable disease management in a European context.* Springer, Dordrecht, 2007. p. 217-231.

CORAZZA, Maria Júlia et al. **Comparison of Citrus tristeza virus (CTV) isolates by RFLP analysis of the coat protein nucleotide sequences and by the severity of the symptoms.** *Tropical Plant Pathology*, v. 37, n. 3, p. 179-184, 2012.

CORAZZA-NUNES, M. J. et al. **Evaluation of citrus tristeza virus (CTV) complexes in preimmunized Marsh seedless grapefruit.** *Summa Phytopathologica*, v. 27, p. 11-16, 2001.

COSTA, Alessandra Tenório et al. **Stability of Citrus tristeza virus protective isolates in field conditions.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 7, p. 693-700, 2010.

DAVINO, Salvatore; RUBIO, Luis; DAVINO, Mario. **Molecular analysis suggests that recent Citrus tristeza virus outbreaks in Italy were originated by at least two independent introductions.** *European Journal of Plant Pathology*, v. 111, n. 3, p. 289-293, 2005.

DOMINGUES, Douglas Silva et al. **A discussão de tópicos de engenharia Genética e Biologia molecular na escola: o que pensam alunos de ensino médio.** *Anais. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.* Bauru: SP, 2003.]

FAGARD, Mathilde; VAUCHERET, Herve. **(Trans) gene silencing in plants: how many mechanisms?.** *An*

FEBRES, Vicente et al. **Citrus transformation: challenges and prospects.** In: *Genetic transformation.* IntechOpen, 2011.

FELSENSTEIN J Joseph *Felsenstein* (2008) **PHYMLIP (pacote de inferência de filogenia) Versão 3.68,** Departamento de Ciências do Genoma, Universidade de Washington, Seattle.

FINER, John J. et al. **Monitoring gene expression in plant tissues.** In: *Plant Tissue Culture Engineering.* Springer, Dordrecht, 2008. p. 31-46.

GOTTULA, J.; FUCHS, M. **Toward a quarter century of pathogen-derived resistance and practical approaches to plant virus disease control.** In: *Advances in virus research.* Academic Press, 2009. p. 161-183.

HAGEN, Charles et al. **Using small RNA sequences to diagnose, sequence, and investigate the infectivity characteristics of vegetable-infecting viruses.** *Archives of virology*, v. 156, n. 7, p. 1209-1216, 2011.

HARPER, Scott J. **Citrus tristeza virus: evolution of complex and varied genotypic groups.** *Frontiers in Microbiology*, v. 4, p. 93, 2013.

HERRON, C. M. et al. **Citrus tristeza virus transmission by the *Toxoptera citricida* vector: in vitro acquisition and transmission and infectivity immunoneutralization experiments.** *Journal of virological methods*, v. 134, n. 1-2, p. 205-211, 2006.

HILF, Mark E.; MAVRODIEVA, Vessela A.; GARNSEY, Stephen M. **Genetic marker analysis of a global collection of isolates of *Citrus tristeza virus*: characterization and distribution of CTV genotypes and association with symptoms.** *Phytopathology*, v. 95, n. 8, p. 909-917, 2005.

HIRATA, Mario Hiroyuki; TAVARES, Vladimir; HIRATA, Rosario Dominguez Crespo. **Da biologia molecular à medicina: métodos comumente utilizados em farmacogenética.** *Medicina (Ribeirão Preto Online)*, v. 39, n. 4, p. 522-534, 2006.

IGLESIAS, Néstor G. et al. **Population structure of *Citrus tristeza virus* from field Argentinean isolates.** *Virus Genes*, v. 36, n. 1, p. 199-207, 2008.

KITAJIMA, Elliot Watanabe et al. **Thread like particles associated with tristeza disease of citrus.** *Nature*, London, v. 201, p. 1011-1012, 1964.

LEE, R. F.; CALVERT, L. A. **Polypeptide mapping of citrus tristeza virus strains.** *Phytophylactica*, v. 19, n. 2, p. 205-210, 1987.

LEITE JUNIOR, RP **Cultivares de copa e porta-enxertos.** In: IAPAR. *A citricultura no Paraná*, Londrina: IAPAR, 1992. p.91-116 (Circular, 72).

LICCIARDELLO, Grazia et al. **Capillary electrophoresis-single strand conformation polymorphism analysis and multiple molecular marker genotyping allow a rapid differentiation of *Citrus tristeza virus* isolates.** *Acta Hort*, v. 1065, n. 2, p. 773-780, 2015.

LICCIARDELLO, Grazia et al. **Genetic structure of citrus tristeza virus in Hunan province (PR China).** *Acta Hortic*, v. 1065, p. 781-790, 2015.

MAHALAKSHMI, Viswanathan; ORTIZ, Rodomiro. **Plant genomics and agriculture: From model organisms to crops, the role of data mining for gene discovery.** *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 4, n. 3, p. 9-10, 2001.

MÜLLER, Robert Neil *Gerard et al.* **Doenças de citros causadas por vírus e viróides.** In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). *Citros*. Campinas: IAC; Fundag, 2005. p. 567-604.

MÜLLER, Robert Neil *Gerard et al.* **Métodos de seleção de estirpes fracas do vírus da Tristeza.** In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2, Viçosa. *Anais...Viçosa*: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p. 287-295, 1973.

PAPAYIANNIS, L. C. et al. **Molecular characterization of *Citrus tristeza virus* isolates from Cyprus on the basis of the coat protein gene.** *Journal of Plant Pathology*, p. 291-295, 2007

PAPPU, H. R. et al. **Nucleotide sequence and organization of eight 3' open reading frames of the citrus tristeza closterovirus genome.** *Virology*, v. 199, n. 1, p. 35-46, 1994

POWELL, C.A. **Progress on CTV strain Differentiation: Serological methods.** In: *Citrus tristeza virus and *Toxoptera citricida* in Central America*: Development of managements strategies and use of biotechnology for control, pp. 111-113. Maracay, Venezuela, 1992.

- ROY, Avijit; MANJUNATH, K. L.; BRLANSKY, R. H. **Assessment of sequence diversity in the 5'-terminal region of Citrus tristeza virus from India.** *Virus research*, v. 113, n. 2, p. 132-142, 2005.
- RUBIO, Luis et al. **Genetic variation of Citrus tristeza virus isolates from California and Spain: evidence for mixed infections and recombination.** *Journal of virology*, v. 75, n. 17, p. 8054-8062, 2001.
- RUIZ-RUIZ, Susana et al. **A real-time RT-PCR assay for detection and absolute quantitation of Citrus tristeza virus in different plant tissues.** *Journal of Virological Methods*, v. 145, n. 2, p. 96-105, 2007.
- SAMBADE, A. et al. **Polymorphism of a specific region in gene p23 of Citrus tristeza virus allows discrimination between mild and severe isolates.** *Archives of Virology*, v. 148, n. 12, p. 2325-2340, 2003.
- SAMBROOK, Joseph et al. **Molecular cloning: a lab**
- SANFORD, J. C.; JOHNSTON, S. A. **The concept of parasite-derived resistance—deriving resistance genes from the parasite's own genome.** *Journal of Theoretical Biology*, v. 113, n. 2, p. 395-405, 1985.
- SANGER, Frederick; NICKLEN, Steven; COULSON, Alan R. **DNA sequencing with chain-terminating inhibitors.** *Proceedings of the national academy of sciences*, v. 74, n. 12, p. 5463-5467, 1977.
- SATYANARAYANA, Tatineni et al. **Closterovirus bipolar virion: evidence for initiation of assembly by minor coat protein and its restriction to the genomic RNA 5' region.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 101, n. 3, p. 799-804, 2004.
- SOUZA, A. A. et al. **Evaluation of changes which occurred in a mild protective citrus tristeza virus isolate in pera sweet orange trees by using RFLP and SSCP analyses of the coat protein gene.** In: *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*. 2000.
- SOUZA, A. A. et al. **Evaluation of changes which occurred in a mild protective citrus tristeza virus isolate in pera sweet orange trees by using RFLP and SSCP analyses of the coat protein gene.** In: *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*. 2000.
- TATINENI, Satyanarayana et al. **A plant virus evolved by acquiring multiple nonconserved genes to extend its host range.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 42, p. 17366-17371, 2011.
- TEPFER, Mark. **Risk assessment of virus-resistant transgenic plants.** *Annual Review of Phytopathology*, v. 40, n. 1, p. 467-491, 2002.
- WATERHOUSE, Peter M.; WANG, Ming-Bo; LOUGH, Tony. **Gene silencing as an adaptive defence against viruses.** *Nature*, v. 411, n. 6839, p. 834-842, 2001.
- WU, Qingfa et al. **Virus discovery by deep sequencing and assembly of virus-derived small silencing RNAs.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 4, p. 1606-1611, 2010.

CAPÍTULO 4

CONTROLE BIOLÓGICO DO PSILÍDEO, VETOR DA DOENÇA *Huanglongbing*

Data de aceite: 28/10/2020

Data de submissão: 23/09/2020

Ana Claudia da Silva Mendonça

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1722595984900368>

Lucas Pereira da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4540501906478241>

Vinícius Villa e Vila

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8707040323232469>

Wesley Patrick Santos Cardoso

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6141222944554502>

Gustavo Arana Demitto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6376822761223304>

João Pedro Carlos Prieto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8963015393777299>

Amanda do Prado Mattos

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC
Lages – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3654596926242328>

Wérica Bruna da Silva Valim

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3682852440863641>

Vitor Henrique Gonçalves Lopes

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8235633877643737>

Camila de Cassia da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8196551482918960>

Bruna Cristina de Andrade

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3386761883933028>

Priscila Angelotti Zampar

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5590072790143208>

RESUMO: Para o agronegócio mundial a citricultura é muito importante, o suco de laranja é o principal suco de fruta consumido no mundo, a laranja esta entre as frutas mais consumidas, mas devido à extensão dos cultivos, muitas doenças acometem a cultura, sendo que a principal delas é o *Huanglongbing*. Essa revisão busca elucidar a possibilidade de controle, do inseto vetor da doença de uma forma mais sustentável, com o auxílio do controle biológico.

PALAVRAS-CHAVE: citricultura, *Candidatus Liberibacter*, *Tamarixia radiata*, *Diaphorina citri*.

BIOLOGICAL CONTROL OF PSYLLEO, *Huanglongbing* DISEASE VECTOR

ABSTRACT: For agribusiness worldwide citrus is very important, orange juice is the main fruit juice consumed in the world, orange is among the most consumed fruits, but due to the extension of crops, many diseases affect the culture, the main one being *Huanglongbing*. This review seeks to elucidate the possibility of controlling the insect vector of the disease in a more sustainable way, with the help of biological control.

KEYWORDS: citrus, *Candidatus Liberibacter*, *Tamarixia radiata*, *Diaphorina citri*.

1 | INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem como uma das principais atividades a citricultura, onde seu impacto é positivo na geração de renda com um PIB de US\$ 6,5 bilhões ao ano e a na geração de empregos (Neves & Trombin, 2017). A citricultura brasileira tem grande importância no cenário mundial, pois o país é líder em produção e exportação de suco de laranja concentrado e congelado (FAO, 2015).

A principal doença que coloca em risco a citricultura brasileira e mundial é o *Huanglongbing* (HLB). Tem-se conhecimento da existência dessa doença de forma endêmica há décadas nos continentes Asiático e Africano, mas ela passou a ter expressão quando foi relatada no Brasil e Estados Unidos que são os principais produtores de citros do mundo (Teixeira et al., 2005).

O HLB é uma doença de causa bacteriana e atualmente tem-se conhecimento da existência de três bactérias que são Gram-negativas, não cultiváveis, restritas ao floema sendo do gênero *Candidatus Liberibacter* spp, e ocasionando essa doença, sendo que a *Ca. Liberibacter asiaticus* (CLAs) é a mais importante por apresentar distribuição geográfica mais ampla, onde a transmissão das mesmas ocorrem com o auxílio do vetor *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Tabachnick, 2015).

Desde a descoberta da doença no Brasil em 2004 até o ano de 2009 foi registrado um aumento de 600% no uso de inseticidas, com a finalidade de se controlar o inseto vetor (Neves 2011). Essa informação se torna preocupante, pois a forte pressão de seleção pode ocasionar resistência no vetor (Boina & Bloomquist, 2015). Sendo assim o uso de parasitoides é uma alternativa ao manejo químico.

Segundo Parra et al. (2016) os inimigos naturais tem função de produzir mortalidade natural no agroecossistema, e devem ser utilizados no manejo de insetos pragas, afim de manter a a população de pragas em níveis aceitáveis. O inimigo natural, mas eficaz que pode ser utilizado para o controle biológico de *D. citri* é a *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae), No Brasil, Gomez-Torres (2009) e Diniz (2013) obtiveram resultados promissores, com taxas de parasitismo de 72,5 e 88,8%, respectivamente. Esse trabalho tem por objetivo reunir literatura sobre o uso do parasitoide *Tamarixia radiata* no controle do inseto vetor do HLB a *Diaphorina citri*, elencando as dificuldades encontradas na adoção do uso do parasitoide.

2 | DANOS A CITRICULTURA

O HLB tem causado danos diretos na produção agrícola, durante os primeiros anos da doença (2000-2009) a área destinada a produção de citros, diminuiu em 20% (FNP, 2009), na Florida, EUA da primeira detecção até 2012, uma área de 10% foi considerada inviável para produção, ocorrendo uma perda de mais de 8200 empregos e cerca de 2,7 bilhões de dólares em arrecadação (Hoodle, 2012). Segundo a Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo (CDA-SP) a erradicação de plantas por conta da doença entre os anos de 2008 e 2019 foi de 55,5 milhões de plantas, sendo que o número de plantas erradicadas vem diminuindo desde 2014. O produtor vem perdendo também, pelo maior gasto na lavoura, o manejo da doença que conta com inspeções e aplicação de inseticidas para controle do vetor tem um impacto de 12,65 a 38,73% do custo total de produção (Belasque JR et al., 2010)

Os frutos com sintomas de HLB apresentam, uma média de peso menor do que os saudáveis, ocasionando em menor produção por planta, que tende a ficarem mais leves com o aumento da severidade da doença (Bassanezi et al., 2011). Isso ocorre devido os frutos das plantas infectadas, possuir formas irregulares, ser menores, deformados e assimétricos, com coloração desigual e maturação irregular, podendo ocorrer o aborto das sementes ou seu incompleto desenvolvimento (Rosales; Burns, 2011);

As grandes perdas na citricultura não ocorrem apenas pela perda de plantas, mas porque mesmo plantas com ramos assintomáticos tendem a perder parte dos frutos, por queda prematura e as frutas que ficam nos ramos tem qualidade afetada. Avaliações de características da qualidade frutos como tamanho do fruto, peso, Brix, SST / caixa, SST / fruto, relação Brix / acidez e o aumento da acidez do fruto, mostram que todas as variáveis foram afetadas negativamente pela doença mesmo em plantas assintomáticas. (Bassanezi; Montesino; Stuchl, 2009). A variação nas características organolépticas do suco de algumas variedades, que pode não ser relevante para indústria, mas é fundamental para frutos destinados ao consumo in natura (Plotto et al., 2010).

3 | *Diaphorina Citri*

A *D. Citri* tem destaque com praga chave na citricultura, pois é vetor das bactérias *Candidatus Liberibacter americanus*, *Candidatus Liberibacter asiaticum*, e um fitoplasma, responsáveis pelos primeiros focos do *huanglongbing* a doença mais destrutiva atual da citricultura (FUNDECITRUS, 2007), mas não foi sempre assim, existem relatos de que essa praga esta presente no país desde a década de 40 (Costa lima, 1942).

O psilídeo tem sua maior população durante a primavera e verão, mas esta no pomar o ano todo, possui um ciclo de vida que possui de 15 dias, no verão, até 40 dias, no inverno, variando devido à temperatura e apresenta três fases de desenvolvimento ao longo de sua vida. Seus ovos tem coloração amarela e estão aderidos às folhas das brotações. As ninfas são achatadas, de coloração amarelo-alaranjado e pernas curtas, alimentam-se exclusivamente nos brotos novos e possuem pouca mobilidade. Na fase adulta o inseto mede de 2 a 3 mm de comprimento, possui asas transparentes com bordas escuras e permanece inclinado na folha ao ângulo de 45°, tem preferência por brotos,

onde faz oviposição, mas pode ser encontrado em outros locais da planta, possuem maior mobilidade do que as ninfas, pois saltam ou voam pequenas distâncias quando perturbados (Fundecitus 2018).

A aquisição da bactéria é mais na fase ninfal, devido aos longos períodos de alimentação no floema, mas nada impede que o adulto adquira a bactéria (George et al., 2018). Para isso é necessário um tempo de alimentação de no mínimo 30 minutos em uma planta infectada, para que possa haver a detecção nas glândulas salivares do vetor, o período de latência é de 3 a 20 dias (Xu et al., 1988). Estimasse que a aquisição da bactéria por ninfas é de 60 a 100%, nos adultos de 40% e que ocorre a transmissão transovariana em uma baixa taxa de 2 a 6% (Pelz-Stelinski et al., 2010).

Segundo Mead e Fasulo (2011) as ninfas partir do 2º instar são capazes de fazer a aquisição da bactéria, mas a transmissão ocorre apenas a partir do 4º instar, sendo que a eficiência de transmissão da bactéria por adultos esta ligada ao tempo de alimentação, quando se tem uma alimentação superior à 1 hora a taxa de infecção chega a 100%. Ademais a concentração da bactéria no corpo do inseto esta diretamente relacionada ao estágio em que o inseto fez a aquisição, que aumenta a taxa de transmissão em até 360 vezes quando a aquisição ocorre nas fases iniciais (Inoue et al., 2009).

4 | *Tamarixia radiata*

A *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) é um parasitoide e o principal inseto utilizado no controle biológico de *D. Citri*, devido sua eficiência de parasitismo, capacidade de dispersão, estabelecimento e adaptação em campo (Étienne et al., 2001), estudo realizados no país identificaram a presença do inseto, não havendo a necessidade de inserção no país (Gómez Torres et al., 2006), apesar da *Tamarixia* ser nativa da Índia (Chien, 1995). Os adultos possuem 92 a 1,04 mm de comprimento, coloração escura, asas hialinas e com envergadura amarelada, possuem dimorfismo sexual, ou seja, os machos são menores, mas possuem antenas são cerca de 1,5 x maiores (Onagbola et al., 2009).

Os dultos de *T. radiata* podem se alimentar de ninfas de primeiro a terceiro instar e ovos, as maiores responsáveis pelo parasitismo são as fêmeas, elas alimentam-se de ninfas de psílídeo jovens, tendo preferencias pelas de 5º instar e podem reproduzir-se por partenogênese arrenótoca, sendo assim uma única fêmea tem potencial para destruir até 500 ninfas do psílídeo durante todo seu ciclo de vida (CHIEN; CHU, 1996). Sendo que o ciclo de vida das *Tamarixias* varia de 37 a 8 dias em uma faixa de temperatura de 20º a 37ºC, respectivamente e os machos possuem um ciclo menor que das fêmeas (Fauvergue e Quilici, 1991).

O parasitismo realizado pela *Tamarixia* ocorre da seguinte maneira, as fêmeas poem um ou dois ovos no lado ventral das ninfas de psílídeos entre o terceiro par de pernas, sendo que apenas um ovo se desenvolve, a larva quando liberada se alimenta da hemolinfa do hospedeiro e utiliza o que sobra do corpo do inseto como um escudo para a pupação (Hoy et al. 1999). O parasitismo pode ser identificado, pela coloração escura e seca das ninfas, a emergencia do adulto de *Tamarixia* ocorre através de um orifício na região frontal

da ninfa (Etienne et al. 2001). Uma única fêmea pode colocar até 300 ovos ao longo de sua vida (Pluke et al., 2008), a taxa de parasitismo de *T. radiata* é maior nos primeiros três dias de vida e então diminui rapidamente (Diniz, 2013)

5 | CONTROLE DE *Diaphorina citri*

O manejo realizado para o controle da doença é caro e difícil, baseando-se principalmente na redução de inculo com a remoção de plantas contaminadas e o controle do inseto vetor para evitar o alastre da doença (Gottwald et al., 2007). Uma vez que não existe medidas curativas e nem materiais resistentes (Gottwald, 2010).

O controle químico utilizado para o vetor tem como base organofosforados, piretróides, carbamatos e neonicotinóides. Os produtos do grupo dos neonicotinóides e piretróides despertam o maior anseio pelo desenvolvimento de resistência ao inseto a esses grupos (Carvalho, 2008). O uso de inseticidas tem prejudicado o uso de controle biológico a partir de ectoparasitas (Gottwald et al., 2007), ainda segundo Parra et al. (2010), predadores não são importantes no controle de *D. citri* no Brasil, provavelmente em decorrência do uso massivo de agroquímicos.

A *T. radiata* têm sido utilizados em programas de controle biológico clássico, reduzindo de forma significativa à população de *D. citri* em diferentes regiões do mundo (Skelley; Hoy, 2004). Em estudos realizado no Brasil em áreas comerciais foram liberadas as *T. Radiata* e se obteve como resultado que a porcentagem de ninfas de 4º e 5º ínstaes diminuiu e o parasitismo após oito dias da liberação foi de 72,75%, decaindo após 15 dias para 4,17 a 10% de parasitismo (Gomez-Torres, 2009).

Uma abordagem para contornar o problema de aplicações de inseticidas para o uso de controle biológico é a liberação em pomares abandonados, pomares não pulverizados, pomares orgânicos e pomares de quintal, a fim de aumentar a população de parasitóides para posterior dispersão, evitando que essas áreas sejam uma fonte de contaminação e dispersão (Lewis-Rosenblum et al. 2015).

6 | CONTROLE BIOLÓGICO

Estudos realizados por McFarland e Hoy (2001) observaram que o psílideo é mais resistente que *T. radiata* condições adversas (alta temperatura e baixa umidade), isso explica porque em algumas regiões não existem sucesso desse método de controle, por isso é necessário que seja realizado um mapeamento para organizar o zoneamento a ser utilizado. É importante ressaltar que o sucesso de um programa de controle biológico depende de condições do campo, sendo o clima o mais importante fator, pois influencia no desenvolvimento, emergência, sobrevivência, atividade e fecundidade dos parasitóides liberados, as duas variáveis que possui maior influencia é a temperatura e a umidade (KING et al., 1985).

Outro fator que ameaça o sucesso do controle biológico a partir da *Tamarixia* é o uso em excesso de inseticidas, segundo Hall e Nguyen (2010) de 16 agroquímicos utilizados em pomares de citros 12 deles apresentaram toxicidade alta ou moderada para

o parasitoide. Desta forma o parasitismo de *T. radiata* apenas em pomares comerciais é de 4,2% enquanto pomares onde não é realizado uso de inseticidas é de 46,7% (Chu e Chien, 1991).

A recomendação é que o uso de controle biológico seja feito em locais onde não há controle químico como pomares abandonados, quintais, chácaras, sítios ou áreas com murta na zona rural ou urbana, que podem de fonte de inoculo e criação do inseto vetor (Fundecitrus 2018).

71 CONCLUSÃO

A principal doença da citrultura é a atualmente é o HLB, ela tem grande poder destrutivo, pois é doença bacteriana localizada nos vasos condutores, ou seja, não existe um método curativo para lidar-se com a doença. A situação é agravada pela presença de um inseto vetor a *Diaphorina citri* que está presente em todas as principais regiões produtoras do mundo.

A principal forma de controle da doença é erradicação de plantas doentes e o controle do inseto vetor, que em sua totalidade é realizado com o uso de inseticida, sendo um risco a citrultura, pois com uma pressão de seleção tão grande pode ocorrer à seleção de uma população resistente, aumentando ainda mais os danos causados por essa doença. O ideal é que seja aplicado um manejo integrado de pragas (MIP), nessa revisão abordamos a eficiência do uso de *Tamarixia radiata* no controle biológico.

O potencial de uso da *T. Radiata* é gigante, existem muitos trabalhos que mostram resultados promissores no uso desse inseto com controle da *D. citri*, mas par ao sucesso o controle biológico deve ser bem delineado escolhendo locais estratégicos.

REFERENCIAS

BASSANEZI, Renato Beozzo et al. **Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil.** European journal of plant pathology, v. 130, n. 4, p. 577-586, 2011.

BASSANEZI, Renato Beozzo; MONTESINO, Luiz Henrique; STUCHI, Eduardo Sanches. **Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil.** European Journal of Plant Pathology, v. 125, n. 4, p. 565, 2009.

BASSANEZI, Renato Beozzo; MONTESINO, Luiz Henrique; STUCHI, Eduardo Sanches. **Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil.** European Journal of Plant Pathology, v. 125, n. 4, p. 565, 2009.

BELASQUE JR, J. et al. **Lessons from huanglongbing management in São Paulo state, Brazil.** Journal of Plant Pathology, p. 285-302, 2010.

BOINA, Dhana Raj; BLOOMQUIST, Jeffrey R. **Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus.** Pest Management Science, v. 71, n. 6, p. 808-823, 2015.

CHEN, Xue Dong et al. **Risk assessment of various insecticides used for management of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Florida citrus, against honey bee, *Apis mellifera*.** Ecotoxicology, v. 26, n. 3, p. 351-359, 2017.

CHIEN, Ching-Chin et al. **Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan. Biological Pest Control in Systems of Integrated Pest Management**–1996. Reprinted from Food and Fertilizer Technology Center Book Series, v. 47, p. 93-104, 1996.

CHU, Y. I. et al. **Utilization of natural enemies to control psyllid vectors transmitting citrus greening. Integrated control of plant virus diseases.** Food and fertilizer technology center for the Asian and Pacific region, Taipei, Taiwan, p. 135-145, 1991.

COMÉRCIO, FNP CONSULTORIA E. AGRIANUAL 2006: **anúário da agricultura Brasileira.** São Paulo, 2009.

COSTA LIMA, A. M. **Insetos do Brasil**, Homoptera. Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro, v. 3, p. 141p, 1942.

DINIZ, Alexandre José Ferreira. **Otimização da criação de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) e de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)(Hymenoptera: Eulophidae), visando a produção em larga escala do parasitoide e avaliação do seu estab.** 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DO CARMO TEIXEIRA, Diva et al. **Citrus huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' *Liberibacter* species associated with the disease.** Molecular and cellular probes, v. 19, n. 3, p. 173-179, 2005.

ÉTIENNE, Jean et al. **Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (hymenoptera: Eulophidae).** Fruits, v. 56, n. 5, p. 307-315, 2001.

FAUVERGUE, X.; QUILICI, S. **Etude de certains parametres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1992)(Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoide primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) vecteur du greening des agrumes.** FRUITS-PARIS-, v. 46, p. 179-179, 1991.

FUNDECITRUS. 2009. Disponível em: [http://www.fundecitrus.com.br/Pagina/Greening-\(HLB\),35](http://www.fundecitrus.com.br/Pagina/Greening-(HLB),35). Acesso em 14 set. de 2020.

FUNDECITRUS. 2009. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/psilideo-diaphorina-citri/6214 set. de 2020

GEORGE, Justin et al. **Prolonged phloem ingestion by *Diaphorina citri* nymphs compared to adults is correlated with increased acquisition of citrus greening pathogen.** Scientific reports, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.

GHOSH, D. K.; MOTGHARE, M.; GOWDA, S. **Citrus greening: overview of the most severe disease of citrus.** Advanced Agricultural Research & Technology Journal, v. 2, n. 1, p. 83-100, 2018.

GOMEZ TORRES, Mariuxi L. et al. **Registro de *Tamarixia radiata* (Waterston)(Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em Sao Paulo, Brasil.** Revista de agricultura, v. 81, n. 1, p. 112-117, 2006.

GÓMEZ TORRES, Mariuxi Lorena. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae).** 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GOTTWALD, Tim R. **Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing.** Annual review of phytopathology, v. 48, p. 119-139, 2010.

GOTTWALD, Tim R.; GRAÇA, John V. da; BASSANEZI, Renato B. **Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact**. Plant Health Progress, v. 8, n. 1, p. 31, 2007.

HALL, David G. et al. **Research toward an artificial diet for adult Asian citrus psyllid**. Annals of the Entomological Society of America, v. 103, n. 4, p. 611-617, 2010.

HODDLE, Mark S. et al. **Foreign exploration for natural enemies of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), in the Punjab of Pakistan for use in a classical biological control program in California USA**. Pakistan entomol, v. 34, n. 1, p. 1-5, 2012.

HOY, M. A.; NGUYEN, R.; JEYPARAKASH, A. **Classical biological control of Asian citrus psyllid in Florida**. Florida IPM. 2006.

INOUE, H. et al. **Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage**. Annals of Applied Biology, v. 155, n. 1, p. 29-36, 2009.4

LEWIS-ROSENBLUM, Hannah et al. **Seasonal movement patterns and long-range dispersal of Asian citrus psyllid in Florida citrus**. Journal of Economic Entomology, v. 108, n. 1, p. 3-10, 2015.

MCFARLAND, Clint D.; HOY, Marjorie A. **Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes**. Florida Entomologist, p. 227-233, 2001.

MEAD, Frank W.; FASULO, Thomas R. **Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae)**. FDACS/DPI Entomology. Circular, v. 180, p. 1-8, 2010.

NEVES, Marcos Fava et al. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: CitrusBR, p. 137, 2010.

OECD, FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (2015). 2015.

ONAGBOLA, Ebenezer O. et al. **Antennal sensilla of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae)**. Annals of the Entomological Society of America, v. 102, n. 3, p. 523-531, 2009.

PARRA, José Roberto Postali et al. **Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing**. Citrus Res. Technol. 31: 37–51.

PELZ-STELINSKI, K. S. et al. **Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae)**. Journal of economic entomology, v. 103, n. 5, p. 1531-1541, 2010.

PLOTTO, Anne et al. **Effect of *Liberibacter* infection (Huanglongbing or “Greening” disease) of citrus on orange juice flavor quality by sensory evaluation**. Journal of food science, v. 75, n. 4, p. S220-S230, 2010.

PLUKE, Richard WH; QURESHI, Jawwad A.; STANSLY, Philip A. **Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico**. Florida Entomologist, v. 91, n. 1, p. 36-42, 2008.

RIBAS, Priscila Pauly; MATSUMURA, Aida Terezinha Santos. **A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente**. Revista Liberato, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

RIVERSIDE, CANEVES, M. F., & TROMBIN, V. G. (2017). **Anuário da citricultura** (1 ed., 60 p.). São Paulo: CitrusBR.

SKELLEY, Lucile H.; HOY, Marjorie A. **A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine.** *Biological Control*, v. 29, n. 1, p. 14-23, 2004.

TABACHNICK, Walter J. ***Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) vector competence for the citrus greening pathogen ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’.** *Journal of economic entomology*, v. 108, n. 3, p. 839-848, 2015.

XU, C. F. et al. **Further study of the transmission of citrus huanglungbin by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama.** In: *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*. 1988.

CAPÍTULO 5

HISTÓRICO DE USO E CARACTERÍSTICAS DOS PORTA-ENXERTOS DENTRO DA CITRICULTURA

Data de aceite: 28/10/2020

Data de submissão: 23/09/2020

Ana Claudia da Silva Mendonça

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1722595984900368>

Lucas Pereira da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4540501906478241>

Vinícius Villa e Vila

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8707040323232469>

Gustavo Arana Demitto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6376822761223304>

Wesley Patrick Santos Cardoso

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6141222944554502>

João Pedro Carlos Prieto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8963015393777299>

Amanda do Prado Mattos

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC
Lages – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3654596926242328>

Wérica Bruna da Silva Valim

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3682852440863641>

Vitor Henrique Gonçalves Lopes

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8235633877643737>

Camila de Cassia da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8196551482918960>

Bruna Cristina de Andrade

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3386761883933028>

Priscila Angelotti Zampar

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5590072790143208>

RESUMO: A citricultura brasileira é antiga e se espalha por boa parte do país, o Brasil tem destaque mundial devido à exportação de suco concentrado de laranja, mas mesmo com o título de maior produtor desse suco, ainda encontram-se baixas produtividades. A escolha do porta-enxerto pode interferir na produtividade e no sucesso da citricultura, por estar ligado a resistência a doenças e na capacidade produtiva.

PALAVRAS-CHAVE: variedades, laranja, produção, doenças.

HISTORY OF USE AND CHARACTERISTICS OF THE ROOTS WITHIN CITRICULTURE

ABSTRACT: The Brazilian citricultura is old and spreads for a good part of the country, Brazil has a worldwide prominence due to the export of concentrated orange juice, but even with the title of largest producer of this juice, we still find low productivity. The choice of rootstock can interfere with the productivity and success of citrus, as it is linked to disease resistance and productive capacity.

KEYWORDS: varieties, orange, production, diseases.

1 | INTRODUÇÃO

Dentro da citricultura, todos os pomares comerciais contêm plantas cítricas compostas por uma copa e um porta-enxerto, e para que isso seja realizado utiliza-se uma técnica denominada enxertia. O processo de enxertia é a união de dois materiais vegetais geneticamente distintos, de uma forma simbiótica, mutuamente benéfica para as plantas, que passam a compartilhar fatores essenciais a sua sobrevivência. Para que isso seja benéfico para agricultura é necessário haver compatibilidade entre a copa e o porta-enxerto para isso elas devem ter uniformidade nos diâmetros dos troncos próximos à linha de enxertia (Carlos et al. 1997).

A escolha da variedade utilizada para a função de porta-enxerto provoca alterações no crescimento da variedade copa (precocidade de produção, produtividade, transpiração das folhas, fertilidade do pólen, composição química das folhas, capacidade de absorção, síntese e utilização de nutrientes, tolerância à salinidade, resistência à seca e ao frio, resistência e tolerância a moléstias, pragas e resposta a produtos de abscisão) e também nos frutos (época de maturação, peso, coloração da casca, teor de açúcares e de ácidos, permanência na planta e conservação após a colheita) (Pompeu Júnior, 1991). Isso tudo esta diretamente ligado ao aporte de água e nutrientes, que são utilizados pelas variedades copa pelo através do porta-enxerto (Castle, 1995). Ademais um dos pontos positivos que o porta-enxerto pode induzir é a menor altura da planta que favorece a inspeção e o controle das doenças e pragas, o menor custo de colheita e em alguns casos pode aumentar a eficiência produtiva permitindo maior densidade de plantio e gerando maior produtividade por área. Desta forma o objetivo desta revisão foi procurar elucidar a influência do porta-enxerto no controle de doenças, na produtividade alcançada em uma propriedade, e quais são os próximos passos nesse aspecto.

2 | HISTÓRICO DE USO DE PORTA ENXERTOS

No Brasil as plantas cítricas foram introduzidas por volta de 1540, e por muitas décadas a propagação era realizada por sementes, mas no século XX com o aumento da expressão comercial adotou-se o uso de porta-enxertos. O primeiro porta-enxerto que teve ampla utilização foi o de a laranja 'Caipira' [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], devido à facilidade de obter sementes, mas posteriormente foi substituído por apresentar problemas com gomose de *Phytophthora* spp. e seca. Por esse motivo começou a utilização de laranja 'Azeda' [*Citrus aurantium* (L.)], que foi o principal porta-enxerto até o final da década de 1940.

Estima-se que 90% das plantas utilizavam esse porta-enxertos.

A substituição da laranja azeda ocorreu devido à doença chamada Tristeza do citrus e a falta de controle do seu inseto (vetor pulgão preto dos citrus), assim havendo a necessidade da troca de porta-enxertos para um que fosse tolerante a essa virose (Moreira, 1941). O porta-enxerto escolhido pra substituição foi o limão 'Cravo' (*Citrus limonia Osbeck*), pois levantamentos realizados pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), revelaram que em 2000 ele tinha uma frequência de uso de 87,4% nas mudas, mas essa proporção vem diminuindo com o aparecimento de uma doença de causa desconhecida chamada Morte súbita dos citrus.

Com essa retrospectiva observamos a necessidade da utilização de uma maior diversidade de porta-enxerto no campo, pois eles possibilitam uma melhor qualidade para os produtos cítricos e para aumentar a variabilidade genética campo evitando que uma nova enfermidade venha e devaste os pomares, como já aconteceu em um passado recente. Ademais é necessário um vasto conhecimento sobre o tema a fim de evitar combinação de variedades que possa não atender a necessidade de uma propriedade ou ainda surtir uma incompatibilidade.

3 | FATORES A SEREM CONSIDERADOS NA ESCOLHA DE PORTA-ENXERTOS

Quando é feita a escolha de um porta-enxerto, o objetivo é o sucesso da produção rural, por isso é essencial que se escolha adequadamente e o ideal é que o porta enxerto seja tolerante ao vírus da tristeza, a Morte súbita dos citrus, a gomose de *Phytophthora*, o declínio e a seca, além de induzir a boa produção e qualidade dos frutos e ser compatível com a variedade copa selecionada.

A gomose causada pelo fungo *Phytophthora* sp. Foi a primeira doença a causar mudanças no uso de porta-enxerto que inicialmente era laranja doce. Posteriormente a tristeza dos citrus, teve alto potencial destrutivo, visto que na década de 40 a combinação de laranja doce sobre azeda que é muito susceptível a essa doença, quase dizimou todos os pomares de citros existentes (Moreira & Moreira, 1991). Combinações susceptíveis quando infectados com um complexo de vírus severo causa declínio rápido e morte em poucas semanas (Cristofani, 1997), podendo causar ainda caneluras, variedades como o limão 'Cravo' e as tangerinas 'Cleópatra' (*Citrus reticulata* Blanco var. Cleópatra), tangerina 'Sunki' (*Citrus sunki*hot. Ex *Tanaka*) vem-se mostrando tolerante a essa estirpe de tristeza (MÜLLER et al, 1968). Estudos mostram que o Trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] e alguns de seus híbridos são resistentes à infecção de Tristeza, ou seja, o vírus não se multiplica nessas plantas mesmo quando são enxertadas com borbulhas contaminadas (Schäfer, 2000).

O declínio tem agente causal desconhecido e no fim do século XX houve perdas de 10 milhões de árvores por ano (Carlos et al., 1997). Os sintomas são encontrados principalmente em plantas enxertadas sobre limão 'Cravo' e 'Volkameriano', *Poncirus trifoliata* alguns de seus híbridos, se fazendo necessário o uso de porta-enxertos tolerante (Koller, 1994). Já a morte súbita teve seu primeiro relato em 1999 afetando tangerinas enxertadas em limão 'Cravo' (Gimenes-Fernandes & Bassanezi, 2001) e em limão

'Volkameriano' (*Citrus volkameriana*) (Bassanezi et al., 2003), plantas enxertadas sobre tangerinas 'Cleópatra' e 'Sunki', citrumelo 'Swingle' [*Citrus paradisi* Macfad. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] e trifoliata não apresentam sintomas dessa doença

Algumas combinações de copa e porta-enxerto podem apresentar incompatibilidade, uma característica de incompatibilidade é a presença de uma linha de depressão na casca da região do enxerto e uma brotação anormal do porta-enxerto e ainda internamente pode se formar uma linha de goma de coloração marrom (Müller et al., 1997; Carlos et al. 1997). Para combinações que são incompatíveis existe a técnica da interenxertia.

A tolerância a seca também é um ponto a se ter atenção, é ideal que o porta-enxerto tenha uma boa distribuição de raízes fibrosas com eficiência de transporte (Carlos et al., 1997). Outro ponto é um sistema radicular profundo e de baixa transpiração. As plantas com melhor desempenho nesse quesito é limoeiros 'Cravo' e 'Volkameriano' (Cunha & Soares Filho, 1988).

4 | DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS PORTAS ENXERTOS UTILIZADOS

O principal porta-enxerto utilizado na citricultura no Brasil é o limão 'Cravo', estima-se que ele responde cerca de 85% dos porta-enxertos a campo (Almeida e Passos, 2011). Isso se deve ao fato de ele ser o principal porta-enxerto utilizado na cultivar Pera, mas com a sua suscetibilidade a morte súbita dos citros e a susceptibilidade ao declínio dos citros outros porta-enxertos vem ganhando destaque como é o caso de Pompeu Junior & Blumer 2008a.

Desde a década de 1970, a laranja Pêra (*Citrus sinensis* L. Osbeck) voltou a ser uma importante variedade copa da citricultura paulista, graças à premunização com estirpes protetivas do vírus da tristeza dos citros e à seleção de clones mais tolerantes a esta virose (Müller et al. 2005). Desde então, o limão Cravo (*C. limonia* Osbeck) tem sido o principal porta-enxerto para a cultivar tangerinas Cleópatra (*C. reshni* hort. ex Tanaka) e Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] e o citrumelo Swingle (*C. paradisi* Macfaden x *Poncirus trifoliata* Raf. inesque) (Pompeu Junior & Blumer 2008)

O segundo porta-enxerto mais utilizado desde 2001 é o citrumelo 'Swingle' por ser tolerante ao declínio e morte súbita (Pompeu Junior & Blumer, 2008), mesmo ocorrendo uma incompatibilidade com a variedade Pera que será tratada a seguir. Esse status ocorre, pois a tangerineiras Cleópatra e Sunki possui baixa tolerância à seca e à gomose de *Phytophthora* e a ocorrência de um retardo no início de produção induzido pela Cleópatra (Pompeu Junior & Blumer 2014).

Limão cravo tem como característica induzir uma produção precoce e uma alta produção de frutos contendo uma qualidade regular, compatibilidade com as cultivares copas, média resistência ao frio e boa resistência à seca, ademais tem bom desempenho em solos arenosos e profundos, e em solos argilosos sua produtividade é inferior à produtividade das tangerinas (BLUMER et al., 2005). Tem como dificuldades ser susceptível à gomose de *Phytophthora* spp., declínio, morte súbita dos citros (MSC) e nematoides (Pompeu Junior & Blumer 2014).

A tangerineira 'Sunki' tem como característica ser susceptível à gomose de

Phytophthora (Aguilar-Vildoso & Pompeu Junior, 1997), tolerante ao declínio (Beretta et al., 1986) e à MSC (Bassanezi et al., 2002), e tem bom desempenho em solos argilosos que podem ser comparados ao limão cravo (Pompeu Junior, 2005). Possui uma seleção denominada 'Sunki Tropical' que é mais tolerante à seca e apresenta alta resistência à gomose sendo tolerante a MSC fazendo com que o seu uso seja aumentado (Pompeu Junior & Blumer 2008).

Tangerineira 'Cleópatra' tem como característica ser resistente a declínio (Pompeu Junior, 2005), tolerante à tristeza, declínio e a MSC (Gimenes-Fernandes & Bassanezi, 2001). Apresenta média resistência à gomose de *Phytophthora* (Feichtenberger et al., 1994), ademais favorece alto vigor às copas, que entram em produção tardiamente, mas iniciam a produção de frutos mais tardiamente, pois os frutos são menores do que de outros porta-enxertos mas maiores entre as tangerinas. O sistema radicular é bem desenvolvido e profundo, mas as plantas são suscetíveis à seca (Blumer et al., 2005).

Trifoliata Seu uso tem limitações devido a demanda de tempo para produção de mudas a suscetibilidade a declínio dos citros, apresentando baixa tolerância à seca e sendo incompatíveis com a laranjeira 'Pera' e com o tangor Murcott (Pompeu Junior, 2005). É resistente à gomose de *Phytophthora* (Feichtenberger et al., 1978) e ao nematóide *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, porém não ao *Radopholus similis* (O'Bannon & Ford, 1977). Quando usado como porta-enxerto produz frutos com ótimas características comerciais (Bordignon et al., 2003) e proporciona uma maturação mais tardia, possuindo também um potencial ananicante.

5 | INTERENXERTIA

A interenxertia pode ser realizada com dois objetivos, sendo eles a união entre uma copa e um porta-enxerto incompatível e a diminuição do porte das plantas sem comprometer a produtividade (Yonemoto et al., 2004). Ela tem como base a introdução de um terceiro genótipo entre a copa e o porta-enxerto tornando ela composta por enxerto, interenxerto e porta-enxerto, ou seja, duas regiões de enxertia (Fachinello et al., 2005).

O interenxerto funciona diminuindo o fluxo de seiva, reduzindo assim a espessura do tronco no local da enxertia (Gil-Izquierdo et al., 2004), por isso se torna uma alternativa para combinar copas e porta-enxertos incompatíveis, como é o caso da copa laranja 'Pêra' e o porta-enxerto *Poncirus trifoliata* ou seus híbridos. Mas tem como desvantagem maior tempo para a produção de mudas. (Girardi e Mourão Filho, 2006).

Em geral essa técnica não causa alteração nas características dos frutos (Sampaio, 1990), entretanto Llorente et al. (1984) relatou variações na concentração de ácido, no comprimento do fruto e na espessura da casca.

6 | CONCLUSÃO

Não existe um porta-enxerto que seja perfeito, mas existem os que mais atendem a necessidade de um local e de uma variedade copa. A concentração de apenas uma variedade, pode trazer consequências desastrosas com o aparecimento de uma nova

doença, por isso recomenda-se que uma pomar seja composto por três ou mais porta enxertos, dividindo a área da seguinte maneira 50% com o de maior rendimento e os outros 50% com outros porta-enxertos de bom desempenho (Koller, 1994). É muito importante também mais trabalhos ligados ao melhoramento genético dos porta-enxertos, para o produtor ter uma maior variabilidade de escolha.

REFERENCIAS

AGUILAR-VILDOSO, C.I.; POMPEU JUNIOR, J. **Inoculação de *Phytophthora parasítica* em caule de variedades cítricas pelo método do palito**. Fitopatologia Brasileira, v.22 p. 240, Supl., 1997.

DE ALMEIDA, Clóvis Oliveira; PASSOS, Orlando Sampaio. **Citricultura brasileira em busca de novos rumos**. 2011.

BASSANEZI, R. B.; GIMENES-FERNANDES, N.; MASSARI, C. A. **Resultados do levantamento detalhado da morte súbita dos citros na região afetada: junho a setembro de 2002**. Araraquara: Fundecitrus 9p.(Relatório), 2002.

BERETTA, M. J. G. et al. **Avaliação do declínio de plantas cítricas em clones de limões Cravo e Volcameriano**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 1986. p. 243-247

BLUMER, Sílvia. **Citrândarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos nanicantes para a laranja'Valência'(Citrus sinensis L. Osbeck)**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BORDIGNON, Rita et al. **Características da laranja'Valência'sobre clones e híbridos de porta-enxertos tolerantes à tristeza**. Bragantia, v. 62, n. 3, p. 381-395, 2003.

CARLOS, Eduardo Fermio; STUCHI, Eduardo Sanches; DONADIO, Luiz Carlos. **Porta-enxertos para a citricultura paulista**. Jaboticabal: Funep, v. 1, p. 47, 1997.

CASTLE, William S. **Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops**. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, v. 23, n. 4, p. 383-394, 1995.

CRISTOFANI, M. **Genetic linkage mapping of Citrus sunki Hort. ex. Tan. and Poncirus trifoliata (L.) Raf. cv. Rubidoux and localization of the citrus tristeza virus resistance gene**. 1997.

CUNHA, MAPDA; SORES FILHO, WDOSS. **Melhoramento genético dos citros: Novas variedades copa e porta-enxerto**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 10, n. 3, 1988.

FACHINELLO, José Carlos et al. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2005.

FEICHTENBERGER, E. et al. **Estudo comparativo da resistência a Phytophthora spp. de quinze seleções de Poncirus trifoliata (L.) Raf. com copa de laranja Hamlin de clone nucelar**. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. 1978. p. 131-136.

FEICHTENBERGER, E. et al. **Evaluation of tolerance to Phytophthora species in scion rootstock combinations of citrus in Brazil**. A review. In: Proceedings of the International Society of Citriculture. 1992. p. 854-858.

GIL-IZQUIERDO, Angel et al. **Effect of the rootstock and interstock grafted in lemon tree (Citrus limon (L.) Burm.) on the flavonoid content of lemon juice**. Journal of agricultural and food chemistry, v. 52, n. 2, p. 324-331, 2004.

- GIMENES-FERNANDES, N.; BASSANEZI, Renato B. **Doença de causa desconhecida afeta pomares cítricos no norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro**. Summa Phytopathologica, v. 27, n. 1, p. 93, 2001
- GIRARDI, Eduardo Augusto et al. **Vegetative growth of citrus nursery trees related to the container volume**. Fruits, v. 60, n. 2, p. 101-105, 2005.
- KOLLER, Otto Carlos. **Citricultura: laranja, limão e tangerina**. Porto Alegre: Rigel, 1994.
- LLORENTE, S. et al. **Influence of the intermediate grafting technique on Verna lemon fruit quality**. In: 6. Colloque international pour l'optimisation de la nutrition des plantes. Montpellier (France). 2-5 Sep 1984. 1984.
- MOREIRA, C. S.; MOREIRA, S. **História da citricultura no Brasil**. RODRIGUEZ, O. et al. Citricultura brasileira, v. 2, p. 1-18, 1991.
- MOREIRA, Sílvio. **Experiências de cavalos para citrus I**. Bragantia, v. 1, n. 8-9, p. 525-565, 1941.
- MÜLLER, Gerd Walter et al. **Doenças de citros causadas por vírus e viróides**. citros, p. 569-604, 2005.
- MÜLLER, G. W. et al. **Epidemias de declínio dos citros em combinações com tangerina-Cleópatra como porta-enxerto no Estado de São Paulo**. Fitopatol. Bras, v. 22, p. 345, 1997.
- MULLER, G. W.; RODRIGUEZ, Ody; COSTA, A. S. **A tristeza virus complex severe to sweet orange varieties**. In: International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010). 1968.
- O'BANNON, J. H. et al. **Resistance in citrus rootstocks to Radopholus similis and Tylenchulus semipenetrans (Nematoda)**. Proceedings of the International Society of Citriculture, 1977. Volume 2., p. 544-549, 1978.
- POMPEU JUNIOR, J. **Porta-enxertos**. Citros, v. 1, p. 63-104, 2005.
- POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. **Laranjeiras e seus porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo em 2004-2007**. Laranja, v. 29, n. 1, 2008.
- POMPEU JUNIOR, J.; SALVA, R.; BLUMER, S. **Copas e porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo**. Laranja, Cordeirópolis, v. 25, n. 2, p. 413-422, 2004.
- POMPEU JUNIOR, Jorgino; BLUMER, Sílvia. **Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para laranjeira Pêra**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 1, p. 09-14, 2014.
- SAMPAIO, V. R. **Behavior of 'Valencia' orange trees grafted on Rangpur lime with interstock of Poncirus trifoliata**. In: International Horticultural Congress. 1990. p. 329.
- SCHÄFER, Gilmar; DORNELLES, Ana Lúcia Cunha. **Produção de mudas cítricas no Rio Grande do Sul: diagnóstico da região produtora**. Ciência Rural, v. 30, n. 4, p. 587-592, 2000.
- YONEMOTO, Yoshimi et al. **Effects of rootstock and crop load on sap flow rate in branches of 'Shirakawa Satsuma' mandarin (Citrus unshiu Marc.)**. Scientia Horticulturae, v. 102, n. 3, p. 295-300, 2004.

CAPÍTULO 6

NEMATÓIDE DAS LESÕES RADICULARES NA CULTURA DO ARROZ: UMA PRAGA SUPERESTIMADA

Data de aceite: 28/10/2020

Data de submissão: 23/09/2020

Lucas Pereira da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4540501906478241>

Ana Claudia da Silva Mendonça

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1722595984900368>

Vinícius Villa e Vila

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8707040323232469>

Wesley Patrick Santos Cardoso

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6141222944554502>

Gustavo Arana Demitto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6376822761223304>

João Pedro Carlos Prieto

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8963015393777299>

Amanda do Prado Mattos

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC
Lages – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3654596926242328>

Wérica Bruna da Silva Valim

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3682852440863641>

Vitor Henrique Gonçalves Lopes

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8235633877643737>

Camila de Cassia da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8196551482918960>

Bruna Cristina de Andrade

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3386761883933028>

Priscila Angelotti Zampar

Universidade Estadual de Maringá – UEM
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5590072790143208>

RESUMO: O arroz é uma das culturas de grande expressividade comercial no Brasil, sendo o nosso país o segundo maior produtor do grão fora do continente asiático. Existe diversos nematoides que acometem a cultura do arroz, dentre os mais de 150 destaca-se os do gênero *Pratylenchus* (nematoides das lesões radiculares). Os danos acometidos pelo nematoide das lesões radiculares são desde áreas escurecidas ou enrijecidas nas raízes, como também redução do volume do sistema radicular, tudo isso influenciando na redução da produtividade da cultura. Não existe uma literatura específica para *Pratylenchus* na cultura

do arroz disponível no Brasil, no qual trás um compilado de informações, desta forma neste capítulo iremos abordar a descrição, meios de controle e ensaios realizados por diversos pesquisadores.

PALAVRAS-CHAVE: *Pratylenchus brachyurus*; *Pratylenchus zaeae*; Controle;

NEMATOID OF RADICULAR INJURIES IN RICE CULTURE: AN OVERESTIMATED PEST

ABSTRACT: Rice is one of the most commercially significant crops in Brazil, and our country is the second largest producer of the grain outside the Asian continent. There are several nematodes that affect rice culture, among the more than 150 the *Pratylenchus* genus (nematodes of root lesions) stand out. The damage affected by the nematode of the root lesions ranges from darkened or stiff areas in the roots, as well as a reduction in the volume of the root system, all of which influences the reduction of the crop's productivity. There is no specific literature for *Pratylenchus* on rice culture available in Brazil, which brings a compilation of information, so in this chapter we will address the description, means of control and tests performed by several researchers.

KEYWORDS: *Pratylenchus brachyurus*; *Pratylenchus zaeae*; Control;

1 | INTRODUÇÃO

O arroz é uma das espécies mais cultivadas no mundo, se destacando como uma das culturas mais importantes no cenário agrícola pois representa um das principais fontes de carboidratos na alimentação humana (KHUSH, 2005). Existe duas espécies cultivadas no mundo, *Oryza sativa* que é amplamente cultivada em diversos países, e *Oryza glaberrima*, cultivada na África Central e Oeste (LU, 1999).

O Brasil é o segundo maior produtor de arroz fora do continente Asiático, segundo a Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2018), na safra de 2017/2018 o Brasil produziu 11,76 milhões de toneladas do grão em cerca de 1.9 mil hectares. Segundo Warda (2004), no arroz as perdas de produção podem chegar até 10% quando se trata ao ataque de fitonematóides, comprometendo assim a quantidade final da produção. Ray et al. (2013) destaca que em 2050, a atual produção agrícola deverá ser aumentada em torno de 60% a 110% afim de atender as exigências por alimentos promovendo assim a segurança alimentar para a população mundial.

Existem mais de 150 nematóides que parasitam o arroz, alguns com a distribuição geográfica restrita, outros com baixa incidência ou até então alguns amplamente distribuídos. Esses nematoides podem ser divididos em os que ocorrem e colonizam a parte aérea e os que ocorrem e colonizam a área radicular, sendo que em uma mesma área pode-se ocorrer ambos os tipos, tornando-se complicado o manejo desses fitonematóides (FORTUNER e MERNY, 1979).

Quando se trata de sintomas a campo, as principais características são atrofia, redução do vigor e murchas, clorose, que muitas vezes pode ser confundido com outros tipos de problemas, tais como deficiência nutricional e baixa incidência de água no solo (GOULART, 2008).

Dos diferentes tipos de fitonematóides que acometem a cultura do arroz, a maioria

dos relatos são das espécies do gênero *Heterodera* (nematóides do cisto), *Hirschmanniella* (nematóides da raiz do arroz), *Meloidogyne* (nematóides das galhas) e *Pratylenchus* (nematóides das lesões radiculares), colonizadores da parte radicular, e *Ditylenchus angustus* e *Aphelenchoides besseyi*, que colonizam a parte aérea (WARDA, 2004).

Algumas dessas espécies são encontradas parasitando plantas de arroz em sistema inundado e outras em plantas de sequeiro, mas poucas espécies parasitando ambos os cultivos (Fortuner & Merny, 1979).

Desta forma, afim de promover um melhor controle destes tipos de nematóides, diferentes métodos de manejo devem ser adotados como estratégias, tais como: rotação/sucessão de culturas, manejo físico e químico, uso de variedades resistentes ou tolerantes, bem como o manejo do solo (FERRAZ, 1999; CASTILLO e VOVLAS, 2007).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo compilar diferentes informações sobre o nematóide das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.) uma vez que, não há uma bibliografia específica para este tipo de estudo disponível.

2 | DESCRIÇÃO

O gênero *Pratylenchus* é descrito como um dos mais importantes grupos em nematoda, se destacando na família Pratylenchidae (FERRAZ e BROWN, 2016) são fitoparasitas de plantas, possuindo ampla diversidade genética, sendo elas polífagas. Possui notoriedade no meio agrícola pois é responsável por acometer problemas em culturas de expressividade comercial, tanto em países de clima tropical, como temperado. No Brasil, o gênero *Pratylenchus* é considerado como o segundo grupo de fitonematóides mais importantes na agricultura (TIHOHOD, 1993), no qual ocasiona perdas econômicas, danos na cultura, além da ampla distribuição geográfica, as espécies mais importantes do gênero são *P. brachyurus*, *P. zaeae* e *P. coffeae* (FERRAZ, 1999).

Esses nematóides, o ciclo de vida compreende as fases de ovo, juvenil (J1 a J4) e adulto (macho ou fêmea), em todos os estádios tanto juvenis quanto adultos, são infectivos e endoparasitas migradores, o processo de penetração da raiz pode ser intercelular ou intracelular, através de ações mecânicas e enzimáticas. As fêmeas depositam os ovos no interior das raízes, mas também pode depositar no solo, sendo menos comum. O número médio de ovos produzidos por fêmea é em média de 70 a 120. *Pratylenchus brachyurus* e *Pratylenchus zaeae* se reproduzem por partogênese mitótica, sendo a duração média do ciclo de três a seis semanas sob condições favoráveis, incluindo planta hospedeira e temperatura, sendo a faixa média de 28 ~ 30 °C. A primeira ecdiase ocorre dentro do ovo e as demais fora do mesmo. Sem um hospedeiro ideal, o nematóide pode sobreviver no solo úmido por mais de oito meses. Quando juvenis (J2 a J4) e adultos, penetram as raízes e se deslocam ao longo do córtex em direção ao cilindro central, as raízes parasitadas mostram lesões necróticas de coloração pardo-clara a marrom-avermelhada, posteriormente ocorre a colonização secundária por fungos oportunistas ou fitopatogênicos, tornando as raízes com coloração negra, e posteriormente as mesmas acabam apodrecendo. A textura do solo é outro fator de grande importância tanto para a distribuição como a densidade populacional, sendo os solos arenosos os ideais para o desenvolvimento (FERRAZ e BROWN, 2016).

3 I PRATYLENCHUS X ARROZ

O gênero em questão é responsável por parasitar culturas como arroz, cana de açúcar, trigo, capins, e principalmente o milho que apresenta alta suscetibilidade (GOULARD, 2008).

Na cultura do arroz, os nematoides das lesões radiculares, *Pratylenchus* spp., figura como um dos principais fitopatógenos do sistema radicular dos arrozais. Diversas espécies de *Pratylenchus* já foram descritas parasitando a cultura do arroz, entretanto a mais frequente é *Pratylenchus brachyurus*, em campos de arroz de terras altas na América do Sul, e *Pratylenchus zae* também nas Américas (FORTUNER e MERNY, 1979).

Segundo Ferraz & Brown (2016), os sintomas mais frequentes e evidentes causados por *Pratylenchus* spp. são: áreas escurecidas ou enrijecidas, devidas várias lesões internas com áreas sadias alternas e uma redução acentuada do volume do sistema radicular, com um número baixo de radículas, presença de reboleiras de plantas com baixo crescimento.

Segundo Goulart (2008), a ampla gama de hospedeiros que *Pratylenchus* spp. possui evidencia que o parasitismo desta espécie é menos especializado (mais primitivo), fato relacionado por ser um endoparasita migrador, que não produz um sítio de alimentação específico como *Heterodera* spp. (Nematoides de cistos) e *Meloidogyne* spp. (Nematoides de galhas). Fato este que dificulta o processo de melhoramento genético vegetal, afim de produzir uma cultivar resistente, bem como as práticas de manejo integrado, pois existem poucas opções de plantas adequadas para a rotação e/ou sucessão (STARR et al. 2002).

Uma das características de mais importância em *Pratylenchus brachyurus* sem dúvida é o fato de ele ser uma espécie polífaga e estar distribuído em diversas regiões de clima tropical, segundo pesquisas o mesmo é capaz de parasitar espécies como soja, milho, algodão, pastagem, abacaxi, hortaliças, eucalipto, cana-de-açúcar, café, arroz, entre outras culturas (DIAS-ARIEIRA et al., 2009; FERRAZ, 1999).

Diversos autores descrevem a cultura do arroz como suscetível a *P. brachyurus* (FERRAZ, 1999; GOULART, 2008; BIELA, 2013), desta forma há uma certa limitação do uso da cultura em áreas com a infestação deste nematoide, inviabilizando o sistema de rotação de culturas com o cultivo do arroz, entretanto havendo-se a necessidade do cultivo da cultura do arroz em áreas infestadas, segundo Biela (2013) que realizou estudos com diferentes genótipos de arroz sob o ataque de *P. brachyurus* afim de testar a resistência das genótipos, inferiu que os genótipos BRS Soberana e BRS Monarca apresentaram menor fator de reprodução do nematoide, desta forma sendo menos suscetíveis.

Além de não possuir cultivares com resistência à *P. brachyurus*, fato que se torna o principal problema no manejo deste patógeno, o melhoramento genético do arroz que busca a resistência genética à este patógeno de solo, é bastante complexo, pois não se sabe a base genética da resistência, uma vez que se trata de relações genéticas tanto do hospedeiro quando do patógeno (BIELA, 2013), além do mais, existe também a diversidade genética de diferentes populações de *P. brachyurus*, o qual dificulta ainda mais a busca de cultivares resistentes a este patógeno de solo (MACHADO, 2006).

Já *P. zae* é característico de por atacar gramíneas como milho, pastagem, sorgo, arroz, trigo, entre outros, é responsável por causar declínio na produção, reduzindo a

densidade de plantas, comprimento e peso de raízes, provoca amarelecimento foliar, além do menor desenvolvimento de brotações e perfilhos (GOULART, 2009).

No Brasil o arroz é cultivado na maioria dos casos em condições de sequeiro na região do cerrado, no qual cultiva-se milho, que é altamente suscetível a *P. zaeae*, tornando-se necessário a atenção para que a população de nematoides não atinja níveis que causem danos econômicos em ambas as culturas (LORDELLO et al, 1992). O rápido desenvolvimento na reprodução deste nematoide foi relatada quando utilizada a sequência milho-arroz (BIELA, 2013).

Trabalhos afim de testar a resistência de diferentes genótipos de arroz são relatados, Biela (2013) e Plowright et al. (1999) testaram em seus estudos diferentes genótipos da cultura, inclusive progênies, entretanto todos apresentaram suscetibilidade ao patógeno de solo, Plowright et al. (1990) relatou como relativamente resistente as variedades Kinandang e IR36.

Desta forma, fica nítido a complexidade de controle de nematoides do gênero *Pratylenchus* spp., principalmente por se alojarem no interior dos tecidos radiculares, ficando claro que deve-se tomar precauções afim de se evitar a introdução deste patógeno em áreas ainda não disseminadas por este nematoide (CASTILLO e VOVLAS, 2007). Já em áreas que possuem a presença destes tipos de nematoides, há a necessidade de estratégias com o intuito de reduzir a população do nematoide uma vez que esse fator está relacionado com os danos causados (BIELA, 2013).

A rotação e sucessão com culturas não hospedeiras do nematoide é uma das estratégias de manejo mais efetivas, entretanto há poucas culturas que podem-se enquadrar neste sistema, uma vez que as espécies do gênero *Pratylenchus* possuem uma ampla gama de hospedeiros (FERRAZ, 1999). É descrito como antagonista deste nematoide as crotalárias e os tagetes, no qual quando implantadas no sistema de rotação e/ou sucessão proporcionam a redução da densidade populacional do nematoide (INOMOTO, 2008), além de Feijão caupi e mungbean, que segundo Aung & Prot (1990), quando utilizados com rotação com arroz, foi capaz de reduzir a população de *P. zaeae* em 37%, quando comparado com o sistema de cultivo Arroz seguido de Arroz.

Outro método descrito como forma de controle de *Pratylenchus* spp. é a adoção da prática de alqueive, no qual consiste em deixar o solo sem cobertura vegetal por um determinado tempo com revolvimento ou não, utilizando a gradagem, fazendo com o que os nematoides que se encontram no local morram por inanição, dessecação e por ação da luz UV. Adubação nitrogenada quando em altos níveis favorece o nematoide, a presença de água também favorece este nematoide, bem como a compactação do solo, todos esses fatores são essenciais para controle de nematoides da espécie *Pratylenchus* spp (GOULARD, 2008).

Uma opção de controle deste nematoide é a introdução do arroz do tipo alagado, o qual permite a redução populacional dos nematoides, devido a anaerobiose, podendo-se cultivar genótipos suscetíveis em áreas infestadas por *Pratylenchus* spp. (MATUTE e ANDERS, 2012).

Desta forma, para que haja um controle efetivo do nematoide-das-lesões-radiculares, há a necessidade de integrar diversas estratégias e táticas, tais como, rotação

e/ou sucessão de culturas, a utilização de genótipos que apresentam tolerância, manejo químico e físico, além de cuidados com a química do solo (TIHOHOD,1993; CASTILLO e VOVLAS, 2007).

4 | CONCLUSÃO

É nítido a importância do nematoide das lesões radiculares na cultura do arroz, por ser uma praga polífaga, capaz de acometer danos em diversas culturas, faz com o que as estratégias de manejo se tornem ainda mais complicadas. São escassas as informações e uma literatura de fácil compreensão a respeito de *Pratylenchus* sp. na cultura do arroz no Brasil, desta forma, neste capítulo buscamos trazer de forma clara e objetivas informações sobre a problemática.

REFERENCIAS

AUNG, Tin et al. **Effects of crop rotations on *Pratylenchus zeae* and on yield of rice cultivar UPL Ri-5.** Revue de nématologie, v. 13, n. 4, p. 445-447, 1990.

BIELA, Fábio. **Reação de genótipos de arroz frente a nematoides das lesões radiculares e herdabilidade da resistência.** 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

CASTILLO, Pablo; VOVLAS, Nicola. **Pratylenchus (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management.** Brill, 2007.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Observatório agrícola: acompanhamento da safra brasileira, Décimo Levantamento, v.5, n.10, 2018.

DIAS-ARIEIRA, Cláudia R.; FERRAZ, Silamar; RIBEIRO, Regina C. Ferreira. **Reação de gramíneas forrageiras a *Pratylenchus brachyurus*.** Nematologia Brasileira, v. 33, n. 1, p. 90-93, 2009.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância.** Manaus: Norma Editora, v. 1, p. 251, 2016.

FERRAZ, L. C. C. B. **Gênero *Pratylenchus*: os nematoides das lesões radiculares.** Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v. 7, p. 157-195, 1999

FORTUNER, Renaud et al. **Root-parasitic nematodes of rice.** Revue de Nematologie., v. 2, n. 1, p. 79-102, 1979.

GOULART, Alexandre Moura Cintra. **Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*).** Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E), 2008.

INOMOTO, Mário M. et al. **Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milho e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica*.** Tropical Plant Pathology, v. 33, n. 2, p. 125-129, 2008.

KHUSH, Gurdev S. **What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030.** Plant molecular biology, v. 59, n. 1, p. 1-6, 2005.

LORDELLO, R. R. A.; LORDELLO, A. I. L.; SAWAZAKI, E. **Population fluctuation and control of *Pratylenchus* spp. on corn.** Summa Phytopathologica, 1992.

LU, B. R. **Taxonomy of the genus *Oryza* (Poaceae): historical perspective and current status.** International Rice Research Notes, v. 24, n. 3, p. 4-8, 1999.

MACHADO, Andressa Cristina Zamboni. **Pratylenchus brachyurus x algodoeiro: patogenicidade, métodos de controle e caracterização molecular de populações.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MATUTE, Martin M.; ANDERS, Merle. **Influence of rice rotation systems on soil nematode trophic groups in Arkansas.** Journal of Agricultural Science, v. 4, n. 2, p. 11, 2012.

PLOWRIGHT, Richard A. et al. **Resistance to the rice nematodes *Heterodera sacchari*, *Meloidogyne graminicola* and *M. incognita* in *Oryza glaberrima* and *O. glaberrima* × *O. sativa* interspecific hybrids.** Nematology, v. 1, n. 7/8, p. 745-751, 1999.

PLOWRIGHT, Richard A. et al. **The effect of *Pratylenchus zeae* on the growth and yield of upland rice.** Revue de nématologie, v. 13, n. 3, p. 283-292, 1990.

RAY, Deepak K. et al. **Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050.** PLoS one, v. 8, n. 6, p. e66428, 2013.

STARR, James L. et al. **Plant resistance to parasitic nematodes.** CABI publishing, 2002.

TIHOHOD, DIMITRY. **Nematologia agrícola aplicada.** Funep, 1993.

WARDA. **Nematode parasites of rice.** 2004. Disponível em: <http://books.irri.org/Nematode_Parasites.pdf> Acessado em: 20/09/2020

SOBRE OS ORGANIZADORES

ANA CLAUDIA DA SILVA MENDONÇA - Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Estadual de Maringá, possui experiência na área da fruticultura, com foco na citricultura. Durante a graduação (2014-2018) foi bolsista de iniciação científica trabalhando na área de virologia vegetal, com ênfase em vírus que acometem danos na citricultura. Atualmente é mestranda pela pós-graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, na área de concentração de proteção de plantas.

LUCAS PEREIRA DA SILVA - Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade do Estado de Mato Grosso e Licenciado em Química pela Universidade de Franca, possui experiência na área de fitopatologia, bem como na área de melhoramento visando a resistência à fitopatógenos. Durante a graduação (2014-2018) foi bolsista de iniciação científica trabalhando na área de melhoramento genético vegetal, com ênfase em melhoramento visando a resistência à fitopatógenos, participou de estudos em biologia molecular, através do uso de marcadores moleculares. Atualmente é mestrando pela pós-graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, na área de concentração de proteção de plantas.

PRISCILA ANGELOTTI ZAMPAR - Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Estadual de Maringá, mestre em Agronomia pela mesma instituição, possui experiência na área de fitopatologia bem como na área de tecnologia de produção de sementes. Durante a graduação (2011-2015) participou do programa de mobilidade acadêmica, fazendo intercâmbio na Universidade Católica do Chile, além disso foi bolsista de iniciação científica trabalhando na área de tecnologia de produção de sementes. Durante o mestrado trabalhou na área de fitopatologia com ênfase em controle químico de doenças de culturas de inverno. Atualmente é doutoranda pela pós-graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, na área de concentração de proteção de plantas.

FITOPATOLOGIA EM FOCO: CONCEITOS E MANEJO

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020

FITOPATOLOGIA EM FOCO: CONCEITOS E MANEJO

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020