

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

Eficiência de fungos entomopatogênicos no controle de moscas-
das-frutas (Diptera: Tephritidae) e gorgulho-da-goiaba (Coleoptera:
Curculionidae) em plantio comercial de goiabeira *Psidium guajava*
L. 1753 (Myrtaceae)

Inessa Steffany Torres de Oliveira

Dourados-MS
Setembro/2025

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Inessa Steffany Torres de Oliveira

EFICIÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE
DE MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E
GORGULHO-DA-GOIABA (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM
PLANTIO COMERCIAL DE GOIABEIRA *Psidium guajava* L. 1753
(MYRTACEAE)

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande
Dourados (UFGD), como parte dos requisitos
exigidos para obtenção do título de DOUTORA EM
ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e
Conservação

Orientadora: Elisângela de Souza Loureiro

Dourados-MS
Setembro/2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

O48e Oliveira, Inessa Steffany Torres De
Eficiência de fungos entomopatogênicos no controle de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e gorgulho-da-goiaba (Coleoptera: Curculionidae) em plantio comercial de goiabeira *Psidium guajava* L. 1753 (Myrtaceae) [recurso eletrônico] / Inessa Steffany Torres De Oliveira. -- 2025.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Elisângela de Souza Loureiro.
Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) -Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Anastrepha spp.. 2. *Conotrachelus psidii*. 3. Controle microbiano de insetos. 4. Entomopatógenos. 5. Fruticultura. I. Loureiro, Elisângela De Souza. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

“EFICIÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E GORGULHO-DA-GOIABA (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM PLANTIO COMERCIAL DE GOIABEIRA *Psidium guajava* L. 1753 (MYRTACEAE)”

Por

INESSA STEFFANY TORRES DE OLIVEIRA

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),

como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de

DOUTORA EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Documento assinado digitalmente
 **ELISANGELA DE SOUZA LOUREIRO**
Data: 10/07/2025 15:58:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a Elisângela de Souza Loureiro
Orientadora/Presidente – UFMS

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS GINO FERNANDES**
Data: 12/07/2025 12:56:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Marcos Gino Fernandes
UFGD

Documento assinado digitalmente
 **MANOEL ARAECIO UCHOA FERNANDES**
Data: 15/07/2025 15:04:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Manoel Araécio Uchoa Fernandes
UFGD

Documento assinado digitalmente
 **LUIS GUSTAVO AMORIM PESSOA**
Data: 10/07/2025 16:51:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Luis Gustavo Amorim Pessoa
UFMS

Documento assinado digitalmente
 **ARIANA BERTOLA CARNEVALE**
Data: 11/07/2025 15:35:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a Ariana Bertola Carnevale
UNIFIMES

Tese aprovada em: 10 de julho de 2025.

Biografia da Acadêmica

Inessa Steffany Torres de Oliveira, filha de Isaias de Oliveira e Maria Santa Torres, nasceu em Aquidauana-MS em 22/11/1994. Coursou ensino fundamental no Instituto Educacional Superior Aquidauanense (2005) e na Escola Municipal Teodoro Rondon (2009) e ensino médio na Escola Estadual Candido Mariano (2012), Aquidauana/MS. Em 2016, graduou-se em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Dourados/MS e participou do Programa de Iniciação Científica (2014). Concluiu em 2020, o mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ) pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS.

AGRADECIMENTOS

Gratidão a todos que tornaram este trabalho possível.

Ao meu pai, por seu apoio incondicional e presença constante em cada etapa desta jornada.
À minha família, por seu amor e incentivo, que foram minha força motriz.

À minha orientadora Profa. Elisângela de Souza Loureiro pela atenção dedicada ao longo de todo o projeto de tese.

Aos professores Manoel Araújo Uchoa Fernandes e Marcos Gino Fernandes, que foram cruciais para a realização desta pesquisa.

Aos professores Ariana Bertola Carnevale e Luis Gustavo Amorim Pessoa, pela orientação por participarem da banca examinadora e correção do trabalho.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB), por seus valiosos ensinamentos e contribuições para meu crescimento acadêmico.

À AGRAER (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul, seccional Dourados-MS) e aos produtores rurais, por sua colaboração essencial na execução dos experimentos de campo.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FUNDECT (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul), pelo apoio financeiro via concessão de bolsa, que permitiu minha dedicação integral a este trabalho.

DEDICATÓRIA

Ao meus pais, Isaias e Maria,
e minha avó Carmem.

SUMÁRIO

EFICIÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E GORGULHO-DA-GOIABA (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM PLANTIO COMERCIAL DE GOIABEIRA <i>Psidium guajava</i> L. 1753 (MYRTACEAE).....	14
RESUMO GERAL.....	14
Palavras-chave.....	15
EFFICIENCY OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI IN CONTROLLING FRUIT FLIES (DIPTERA: TEPHRITIDAE) AND GUAVA WEEVILS (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN COMMERCIAL PLANTATIONS OF GUAVA, <i>Psidium guajava</i> L. 1753 (MYRTACEAE).....	16
ABSTRACT.....	16
Keywords.....	17
INTRODUÇÃO GERAL.....	18
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
Família Myrtaceae.....	20
<i>Psidium guajava</i> L. 1753: A Goiabeira.....	20
Moscas-das-frutas ou Moscas frugívoras.....	22
Família Curculionidae.....	25
Fungos entomopatogênicos.....	30
Mecanismo de ação dos fungos entomopatogênicos.....	32
Adesão e fixação dos fungos entomopatogênicos.....	32
Germinação dos fungos entomopatogênicos.....	32
Penetração dos fungos entomopatogênicos.....	32
Colonização dos fungos entomopatogênicos nos hospedeiros.....	33
Principais espécies de fungos para o controle de inset.....	34
Controle de curculionídeos praga com <i>Beauveria bassiana</i> e <i>Metarhizium anisopliae</i>	35
Controle de tefritídeos com <i>Beauveria bassiana</i> e <i>Metarhizium anisopliae</i>	38
Considerações finais.....	42
OBJETIVO GERAL.....	42
HIPÓTESES.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

CAPÍTULO 1 - Avaliação da eficiência de fungos entomopatogênicos na redução populacional de adultos emergentes de moscas-das-frutas em pomares comerciais de goiabeira.....	59
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60
INTRODUÇÃO.....	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	63
RESULTADOS.....	69
DISCUSSÃO.....	75
CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
CAPÍTULO 2: Eficiência do controle microbiano em adultos de <i>Conotrachelus psidii</i> Marchall 1922 (Coleoptera: Curculionidae) em goiabeira (<i>Psidium guajava</i> L. 1753, Myrtaceae), sob condições de campo.....	85
RESUMO.....	85
ABSTRACT.....	86
INTRODUÇÃO.....	87
MATERIAL E MÉTODOS.....	89
RESULTADOS.....	94
DISCUSSÃO.....	100
CONCLUSÕES.....	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
RELEVÂNCIA SOCIAL, ECONÔMICA OU CULTURAL DA PESQUISA (IMPACTO REGIONAL, NACIONAL OU INTERNACIONAL).....	111
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113

Listas de Figuras

Capítulo 1.....	59
Figura 1. Gaiola utilizada na captura de adultos de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) recém- emergidas, após aplicações dos fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> em pomar comercial de goiaba no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil, 2023.....	65
Figura 2. Gaiola de criação para moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no Laboratório de Insetos Frugívoros da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS, Brasil, 2025.....	68
Figura 3. Avaliação dos efeitos observados na mortalidade de adultos de moscas-das-frutas como a priori por fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> em pomar de goiabeiras no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil, (2021 e 2022).....	69
Figura 4. Comparação bayesiana do efeito dos fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> na população de adultos de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomar de goiabeiras no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil (2021 e 2022).....	70
Figura 5. Anova bayesiana: Comparação da mortalidade de adultos de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), sob efeito do número de aplicações dos fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> , em pomar de goiabeiras no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, nos anos de 2021 e 2022.....	71
Figura 6. Cadáver de <i>Anastrepha</i> spp. com crescimento do fungo <i>M. anisopliae</i> , Mato Grosso do Sul, Brasil. 2021-2022.....	75
Figura 7. Cadáver de <i>Anastrepha</i> spp. com crescimento do fungo <i>B. bassiana</i> , Mato Grosso do Sul, Brasil. 2021-2022.....	75
Capítulo 2.....	85
Figura 1. Distribuição das gaiolas para empupamento e recuperação dos adultos de <i>Conotrachelus psidii</i> Marshall 1922 (Coleoptera: Curculionidae) em pomar comercial de goiaba no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, submetidos aos tratamentos (Testemunha) e os fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> (2020).....	90
Figura 2. Avaliação dos efeitos observados na mortalidade de adultos de gorgulho-da-goiaba como a priori por fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> em	

pomar de goiabeiras no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil, (2020).....	95
Figura 3. Comparação bayesiana do efeito dos fungos entomopatogênicos <i>M. anisoplae</i> e <i>B. bassiana</i> na população de adultos de gorgulhos-da-goiaba em pomar de goiabeiras no Distrito de Santa Teresinha-Itaporã-MS, Brasil (2020).....	96

Listas de Tabelas

Revisão Bibliográfica	20
Tabela 1. Publicações demonstrando a patogenicidade dos fungos <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo-Crivelli, 1835) Vuillemin 1912 (Hypocreales: Cordycipitaceae) e <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883 (Hypocreales: Clavicipitaceae), sobre curculionídeos (Insecta: Coleoptera), globalmente.....	35
Tabela 2. Publicações demonstrando a patogenicidade dos fungos <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo-Crivelli, 1835) Vuillemin 1912 (Hypocreales: Cordycipitaceae) e <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883 (Hypocreales: Clavicipitaceae), sobre tefritídeos (Insecta: Diptera), globalmente.....	39
Capítulo 1.....	59
Tabela 1. Dados meteorológicos de Dourados, Temperatura média, UR% média, Velocidade Média do vento e Precipitação pluviométrica do período de aplicação de fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> em pomar comercial de goiabeiras, Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-Mato Grosso do Sul, Brasil, (2021 e 2022).....	66
Tabela 2. Medidas descritivas dos parâmetros de média e desvio padrão de mortalidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) por fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> e dos fatores avaliados em pomar de goiabeiras no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil (2021 e 2022).....	70
Tabela 3. Medidas da razão de chance e o fator de Bayes de mortalidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em relação a comparação entre os tratamentos com fungos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> no período de 2021 e 2022.....	72
Tabela 4. Medidas da razão de chance e o fator de Bayes de mortalidade confirmada de <i>Conotrachelus psidii</i> em relação à comparação entre número de aplicações dos fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> sobre adultos do curculionídeo em pomar de goiabeiras no Distrito Santa Terezinha, Itaporã-MS, Brasil (2021 e 2022).....	72
Tabela 5. Análise binomial dos dados de mortalidade de adultos emergentes de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) com pulverização de fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> em pomar de goiabeira, associados a diferentes variáveis	

qualitativas e quantitativas, no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil (2021 e 2022).....	73
Tabela 6. Eficiência (%) de redução populacional para adultos emergentes de espécies de <i>Anastrepha</i> (Diptera: Tephritidae) após pulverização com <i>Metarhizium anisopliae</i> (Ma) e <i>Beauveria bassiana</i> (Bb) em pomar de goiabeiras nos anos de 2021 e 2022 e aumento da eficiência (Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil).....	74
Capítulo 2	85
Tabela 1. Dados meteorológicos Temperatura média, UR% média, Velocidade Média do vento e Precipitação pluviométrica do período de aplicação de fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> em pomar comercial de goiaba, Gleba Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil, (2020).....	92
Tabela 2. Medidas descritivas dos parâmetros de média e desvio padrão de mortalidade confirmada de <i>Conotrachelus psidii</i> (Coleoptera: Curculionidae) por fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> e dos fatores avaliados em pomar de goiabeiras no Distrito de Santa Teresinha, Itaporã-MS, Brasil (2020).....	96
Tabela 3. Medidas da razão de chance e o fator de Bayes de mortalidade de <i>Conotrachelus psidii</i> (Coleoptera: Curculionidae) em relação a comparação entre os tratamentos com fungos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> (2020).....	97
Tabela 4. Medidas da razão de chance e o fator de Bayes de mortalidade confirmada de <i>Conotrachelus psidii</i> em relação à comparação entre número de aplicações dos fungos entomopatogênicos <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> sobre adultos do curculionídeo em pomar de goiabeiras no Distrito Santa Terezinha, Itaporã-MS, Brasil (2020).....	98
Tabela 5. Análise binomial dos dados de mortalidade de adultos emergentes de <i>Conotrachelus psidii</i> com pulverização de fungos entomopatogênicos <i>Beauveria bassiana</i> e <i>Metarhizium anisopliae</i> em pomar de goiabeira, associados a diferentes variáveis qualitativas e quantitativas, Distrito Santa Terezinha, Itaporã-MS, Brasil (2020).....	99
Tabela 6. Eficiência (%) de controle de adultos de <i>Conotrachelus psidii</i> pulverizados com <i>Metarhizium anisopliae</i> (Ma) e <i>Beauveria bassiana</i> (Bb), durante o segundo período de avaliação (21 de agosto a 4 de setembro de 2020) em um pomar de goiabeiras (Distrito Santa Terezinha, Itaporã-MS, Brasil).....	100

EFICIÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E GORGULHO-DA-GOIABA (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM PLANTIO COMERCIAL DE GOIABEIRA *Psidium guajava* L. 1753 (MYRTACEAE)

RESUMO GERAL

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritoidea) e o gorgulho-da-goiaba *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) são consideradas as principais pragas de frutas de goiaba *Psidium guajava*. Diante das crescentes restrições ao uso de produtos químicos, devido à toxicidade para a saúde humana e à resistência de insetos aos inseticidas, a busca por alternativas sustentáveis para o controle de pragas tem se intensificado. Ressalta-se que o controle de insetos-praga na goiabeira é essencial para a viabilidade econômica de sua produção. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar em plantio comercial, na cultura da goiabeira, a ação de dois bioinseticidas registrados (Metarril® ingrediente ativo *Metarhizium anisopliae* e Boveril® ingrediente ativo *Beauveria bassiana*), no controle de adultos emergentes de espécies de *Anastrepha* Schiner 1868 (Diptera: Tephritidae) e de *Conotrachelus psidii* Marshall 1929 (Coleoptera: Curculionidae) em solo pulverizado com os fungos entomopatogênicos. Os dois experimentos foram realizados em pomar comercial de goiaba, situado no distrito de Santa Terezinha, Município de Itaporã, Estado do Mato Grosso do Sul. Para o contato das espécies-pragas com os fungos, cada inóculo foi incorporado na água contendo adjuvante compatível e pulverizado na superfície do solo a cada sete dias. O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos com 7 tratamentos e 4 repetições, totalizando 28 parcelas. Cada parcela foi representada por uma planta. Os tratamentos utilizados foram: Testemunha (T), Metarril® com 1 aplicação (Ma 1), Boveril® com 1 aplicação (Bb 1), Metarril® com 2 aplicações (Ma 2), Boveril® com 2 aplicações (Bb 2), Metarril® com 3 aplicações (Ma 3) e Boveril® com 3 aplicações (Bb 3). Os fungos foram aplicados no solo na forma de suspensão, com diferentes números de aplicações, e a emergência de adultos foi monitorada nas gaiolas. Os adultos de moscas-das-frutas e do gorgulho-da-goiaba, recém emergidos foram coletados e levados ao Laboratório de Insetos Frugívoros (LIF), Universidade Federal da Grande Dourados UFGD, Dourados-MS. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise Bayesiana (utilizando Jamovi, Jasp e R) e a eficiência de controle foi calculada pela fórmula de Abbott. Para moscas-das-frutas, ambos os fungos foram eficientes, com forte evidência do seu efeito na mortalidade (BF_{10} global = 19.02). *Metarhizium anisopliae* demonstrou superioridade sobre o controle (BF_{10} = 6.63), e *B. bassiana* também foi mais eficaz (BF_{10} = 1.65). Três aplicações mostraram forte evidência de superioridade em comparação com nenhuma (Testemunha) aplicação (BF_{10} = 6.19). Contudo, as comparações entre 1, 2 e 3 aplicações não revelaram diferenças estatísticas fortes na mortalidade ($BF_{10} < 1$). A maior eficiência para *M. anisopliae* foi de 53.9% com uma aplicação. Para *B. bassiana*, a maior eficiência foi de 50.6%, alcançada com 2 e 3 aplicações. A eficiência dos fungos foi menor em 2021 em comparação a 2022. Para o gorgulho-da-goiaba, ambos os fungos foram mais eficazes que o controle. *B. bassiana* destacou-se com a evidência muito forte de superioridade sobre o controle (BF_{10} = 33.69). *M. anisopliae* também foi eficaz, mas com evidência menor sobre o controle (BF_{10} = 1.59). A evidência Bayesiana para uma diferença substancial entre os fungos foi anedótica (BF_{10} = 1.31 para *B. bassiana* vs. *M. anisopliae*), indicando que ambos são viáveis, sendo *B. bassiana* numericamente superior. Não houve diferença entre o número de aplicações (1, 2 ou 3). A comparação entre a testemunha e 3 aplicações mostrou a evidência mais forte (BF_{10} = 3.86). Similarmente, não houve evidência estatística forte de diferença na eficácia entre 1, 2 e 3 aplicações entre si ($BF_{10} < 1$). Na eficiência, 2 e 3 aplicações de *B. bassiana* proporcionaram a maior eficiência (73.3%), enquanto

M. anisopliae alcançou maior eficiência (58.6%) com apenas uma aplicação. Ambos os fungos, *M. anisopliae* e *B. bassiana*, demonstraram potencial para controlar tanto as espécies de moscas-das-frutas quanto gorgulho-da-goiaba, com a mortalidade dos adultos sendo influenciada pelo tipo de fungo e pelo número de aplicações. O controle, via solo, com fungos entomopatogênicos dessas espécies-pragas recém emergidas, é viável a campo, constituindo numa ferramenta para o Manejo Integrado de Pragas na fruticultura.

Palavras-chave: *Anastrepha* spp. *Conotrachelus psidii*. Controle microbiano de insetos. Entomopatógenos. Fruticultura.

EFFICIENCY OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI IN CONTROLLING FRUIT FLIES (DIPTERA: TEPHRITIDAE) AND GUAVA WEEVILS (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN COMMERCIAL PLANTATIONS OF GUAVA, *Psidium guajava* L. 1753 (MYRTACEAE)

ABSTRACT

Fruit flies (Diptera: Tephritoidea) and the guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) are considered the main pests of *Psidium guajava* fruits. Faced with increasing restrictions on the use of chemical products, due to toxicity to human health and insect resistance to insecticides, the search for sustainable alternatives for pest control has intensified. It is emphasized that the control of insect pests in guava cultivation is essential for its economic viability. In this context, the objective of this research was to evaluate, in a commercial guava plantation, the action of two registered bioinsecticides (Metarril[®], active ingredient *Metarhizium anisopliae*, and Boveril[®], active ingredient *Beauveria bassiana*), in the control of emergent of *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) and *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) in soil sprayed with the fungi entomopathogenic. The two experiments were conducted in a commercial guava tree orchard, located in the district of Santa Terezinha, Itaporã, Mato Grosso do Sul, Brazil. To facilitate pest species contact with the fungi, each inoculum was incorporated into water containing a compatible adjuvant and sprayed onto the soil surface every seven days. The experimental design was a complete randomized block with 7 treatments and 4 replications, totaling 28 plots. Each plot was represented by a single plant. The treatments used were: Control (T), Metarril[®] with 1 application (Ma 1), Boveril[®] with 1 application (Bb 1), Metarril[®] with 2 applications (Ma 2), Boveril[®] with 2 applications (Bb 2), Metarril[®] with 3 applications (Ma 3), and Boveril[®] with 3 applications (Bb 3). The fungi were applied to the soil as a suspension, with varying numbers of applications, and the emergence of adults was monitored in cages. Newly emerged fruit fly and guava weevil adults were collected and transported to the Frugivorous Insects Laboratory at the Universidade Federal da Grande Dourados. Mortality data were subjected to Bayesian analysis (using Jamovi, Jasp, and R software). Control efficiency was calculated using Abbott's formula. For fruit flies: Both fungi were efficient, causing mortality of fruit flies. *Metarhizium anisopliae* demonstrated superiority in mortality over the control ($BF_{10} = 6.63$), and *B. bassiana* also showed higher mortality ($BF_{10} = 1.65$). Three applications showed strong evidence of superiority compared to no application ($BF_{10} = 6.19$). However, comparisons between 1, 2, and 3 applications did not reveal statistically strong differences in mortality ($BF_{10} < 1$). The highest control efficiency for *M. anisopliae* was 53.9% with 1 application. For *B. bassiana*, the highest efficiency was 50.6%, achieved with 2 and 3 applications. The efficiency of the fungi was lower in 2021 compared to 2022. For the guava weevil, both fungi were more effective than the control. *B. bassiana* stood out with very strong evidence of superiority over the control ($BF_{10} = 33.69$). *M. anisopliae* was also effective, but with weaker evidence over the control ($BF_{10} = 1.59$). Bayesian evidence for a substantial difference between the fungi was anecdotal ($BF_{10} = 1.31$ for *B. bassiana* vs. *M. anisopliae*), indicating that both are viable, with *B. bassiana* numerically superior. There was no strong statistical evidence of difference in efficacy between 1, 2, or 3 applications among themselves ($BF_{10} < 1$). The comparison between the control and 3 applications showed the strongest evidence ($BF_{10} = 3.86$). In terms of efficiency, 2 and 3 applications of *B. bassiana* provided the highest efficiency (73.3%). *M. anisopliae* achieved its highest efficiency (58.6%) with only one application. Both fungi, *M. anisopliae* and *B. bassiana*, demonstrated potential to control both the species of fruit flies and the guava weevil, with adult mortality being influenced by the type of fungus and by the number of applications. Soil-based control with

entomopathogenic fungi of these newly emerged pests species is viable in the field, constituting a tool for Integrated Pest Management (IPM) in fruit growing.

Keywords: *Anastrepha* spp. *Conotrachelus psidii*. Microbiol Control of insets. Entomopathogenic fungi. Fruit growing.

INTRODUÇÃO GERAL

A goiabeira, *Psidium guajava* Linnaeus, 1753 (Myrtales: Myrtaceae), é uma espécie frutífera tropical, originária do continente Americano (Américas do Sul e Central), e distribuída em todo território brasileiro (Montes et al., 2016). No País as características do solo e condições climáticas são favoráveis à produção comercial. Por isso, além do valor nutritivo da fruta e para o desenvolvimento da produção agrícola, aumento da atividade industrial e exportação, a goiabeira é também importante devido ao (Rozane et al., 2003) seu valor como árvore no meio ambiente, servindo de abrigo e alimento para os organismos a ela associados. Além disso, *P. guajava* auxilia na diminuição do aquecimento global e age como sequestradora de carbono atmosférico via fotossíntese, absorvendo o dióxido de carbono (CO₂).

O volume acumulado de frutas exportado pelo Brasil em 2023 foi de 1,24 milhão de toneladas, cujo valor foi de US\$ 1,16 bilhão (CONAB, 2023). O Brasil é considerado o terceiro maior produtor de goiaba do mundo. No entanto, esta frutífera é atacada por pragas durante todo seu ciclo fenológico, com diferentes tipos de danos qualitativos e quantitativos, podendo inviabilizar seu consumo in natura (Dolinski et al., 2006).

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritoidea) e o gorgulho da goiaba *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922) (Coleoptera: Curculionidae), constituem as principais pragas das variedades de goiabas nas Américas do Sul e Central. As moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae), *Ceratitis capitata* (Wiedeman, 1824) (Diptera: Tephritidae), espécies de *Neosilba* McAlpine 1962 (Diptera: Lonchaeidae) atacam frutos maduros ou em fase de maturação, enquanto o gorgulho *Conotrachelus psidii* na fase de adulto se alimenta de flores e frutos e suas larvas se alimentam e desenvolvem no interior dos de frutos (Uchoa, 2012). As larvas de ambos os táxons de pragas (moscas-das-frutas e gorgulho-da-goiaba) ao se alimentarem da polpa dos frutos, reduzem a produção, inviabilizando o consumo in natura e tornando-o sem valor comercial para a goiaba de mesa, bem como para indústria (Azevedo et al., 2016).

O ciclo de vida dos tefritoideos está condicionado a três ambientes: vegetação, fruto e solo. Na maior parte do tempo, os adultos permanecem na planta hospedeira ou hospedeiros alternativos na proximidade do cultivo. As fêmeas após a cópula, ovipositam no interior dos frutos e, após a eclosão das larvas, essas desenvolvem-se no seu interior alimentando-se da polpa. Quando as larvas atingem o último instar abandonam os frutos e se enterram no solo onde empupam e após duas a três semanas emergem os adultos que reiniciam o ciclo (Nícácio & Uchoa, 2011). O ciclo de vida do gorgulho-da-goiaba também está condicionado à vegetação (planta hospedeira), ao fruto (onde ocorre a oviposição e desenvolvimento larval) e ao solo (onde ocorre o empupamento). Uma diferença crucial reside na duração da fase no solo.

Enquanto o gorgulho-da-goiaba pode passar de 3 a 6 meses no solo durante seu desenvolvimento (Pinchao & Muñoz, 2019), as moscas-das-frutas geralmente completam essa fase em duas a três semanas (Nicácio & Uchoa, 2011).

As exportações de frutas frescas de goiaba estão sujeitas à imposição de barreiras quarentenárias pelos países importadores, quando constatada a presença de insetos-praga em uma região produtora, levando à restrições e gerando prejuízos (Costa, 2011). Isto é notório para as espécies de moscas-das-frutas por constituírem um entrave para a comercialização de frutas e hortaliças no mundo (Gould & Raga, 2002).

O controle de insetos-praga na goiabeira é essencial para sua produção, sendo o controle químico mais empregado e comumente realizado de forma incorreta, com aplicações excessivas. Uma das alternativas para a diminuição do uso de agroquímicos sem afetar a produção economicamente viável é o Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Madalon et al., 2017), destacando-se nessa estratégia o controle biológico. Vários fatores contribuem para impulsionar a adoção do controle biológico como o manejo da resistência a pragas, preferência do consumidor por produtos sem resíduos, a segurança para polinizadores das plantas, inimigos naturais, segurança e flexibilidade dos produtores agrícolas e restrições adicionais a pesticidas químicos (Arthurs & Dara, 2019; Parra, 2023).

Há uma grande diversidade de agentes de controle biológico, destacando-se os fungos entomopatogênicos, que apresentam vantagens como: alta variabilidade genética (Lacey et al., 2015), infecção em diferentes estágios do desenvolvimento do hospedeiro (Polanczyk et al., 2010), penetração via tegumento e propágulos de alta capacidade de disseminação (Alves et al., 2008; Arakere et al., 2022) e maior persistência no ambiente, o que ocasiona a uma maior eficácia do biocontrole (Ding et al., 2023). A ação desses agentes se inicia com a infecção dos hospedeiros suscetíveis via penetração direta através da cutícula (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013). Na cultura da goiaba, podem ocorrer infecções sobre espécies de moscas-das-frutas e gorgulho-da-goiaba (Oliveira et al., 2023). Os fungos entomopatogênicos apresentam risco mínimo para organismos benéficos não alvos como abelhas, minhocas e colêmbolos (Portilla et al., 2017), e inimigos naturais (parasitas, parasitoides e predadores) (Potrich et al., 2009; Rossoni et al., 2014; Dias et al., 2019; 2020).

Mais de 90 gêneros de fungos entomopatogênicos atuam como agentes de controle biológico de artrópodes praga, com destaque para as espécies *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, as quais vêm sendo estudados para o controle de insetos das Ordens Blattaria, Orthoptera (Kershaw et al., 1999), Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, que atacam culturas de importância econômica (Loureiro et al., 2024), apresentando elevado potencial para sua utilização no manejo de pragas em espécies frutíferas. Diante do exposto,

este trabalho objetivou avaliar, em plantio comercial de goiaba, a ação de bioinseticidas contendo fungos entomopatogênicos (Metarril[®] e Boveril[®]), no controle de moscas-das-frutas e do gorgulho-da-goiaba.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Família Myrtaceae

A família Myrtaceae é um grupo significativo de angiospermas, composto por árvores e arbustos que se caracterizam pela presença de glândulas de óleo conspícuas e frutos comestíveis (Mitra et al., 2012). Dentre os gêneros de maior relevância para a produção de frutas, destacam-se *Acca*, *Eugenia*, *Psidium* e *Syzygium* (Mitra et al., 2012). Além da produção de frutos, diversas espécies de Myrtaceae possuem importância econômica e cultural. A família inclui plantas como a árvore de rum de louro (*Pimenta racemosa*), o cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), a goiaba (*Psidium guajava*) e a pimenta-da-jamaica (*Pimenta dioica*). Adicionalmente, espécies de Myrtaceae são utilizadas para fins ornamentais, como especiarias e na medicina popular. A família também se destaca pela produção de óleos essenciais, sendo considerada um grupo de plantas aromáticas (Fehlberg et al., 2023). Entre as Myrtaceae, a *Psidium guajava* é especialmente notável, tanto por seus frutos quanto por seus ricos potenciais nutricionais e medicinais.

Psidium guajava L. 1753: A Goiabeira

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma frutífera tropical pertencente à família Myrtaceae, amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais (Kumar et al., 2023). Originária da América tropical (Sul e Central), seu fruto se destaca pelo sabor adocicado, aroma suave e alto teor de compostos bioativos, atraindo interesse nas áreas de alimentos funcionais e nutrição (Díaz-de-Cerio et al., 2017; Lima et al., 2018). Conhecida como "maçã dos trópicos", é nutritiva e versátil, consumida in natura ou processada em produtos diversos (Lima et al., 2018, Kumar et al., 2022).

Composição e Potencial como Alimento Funcional

A goiaba é rica em fibras, polifenóis e antioxidantes, como ácido ascórbico, β -caroteno, licopeno e flavonoides (Jiménez-Escrig et al., 2001; Musa et al., 2011, Correa et al., 2012). Seu alto teor fenólico a classifica como uma "superfruta" (Lima et al., 2018). As folhas possuem compostos bioativos com potencial terapêutico, como quercetina e catequina (Díaz-de-Cerio et al., 2017). As sementes são comestíveis e ricas em proteínas, ácidos graxos, minerais e compostos fenólicos com bioatividades diversas. Extratos de sementes possuem propriedades

antioxidantes, anti-inflamatórias, neuroprotetoras, antidiabéticas e anticancerígenas, com potencial para modular propriedades funcionais de alimentos (Kumar et al., 2022).

Importância Econômica da goiaba

A goiaba se consolida como um pilar econômico significativo, impulsionando a renda de produtores em diversas escalas. Seu mercado global, avaliado em US\$ 968,2 milhões em 2024, projeta um crescimento anual de 4,70% até 2031 (Cognitive Market Research, 2025). Na América do Sul, as vendas atingiram US\$ 48,41 milhões em 2023, evidenciando a relevância regional da fruta (Cognitive Market Research, 2025). O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de goiaba, ao lado de Tailândia, China e Índia (Molla et al., 2022). No país, a cultura da goiaba se beneficia da utilização de tecnologias de manejo integrado de pragas e doenças, como o ensacamento dos frutos, que garante a qualidade e reduz o uso de defensivos agrícolas.

A importância econômica da goiaba transcende o consumo in natura, abrangendo uma vasta gama de produtos derivados, como doces, geleias, sucos e polpas. O consumo in natura é amplo, presente em mercados locais, feiras e grandes redes de supermercados. A indústria de processamento agrega valor à fruta, expandindo seu alcance por meio da produção de diversos derivados, atendendo a diferentes preferências e impulsionando o crescimento do setor. A goiaba se destaca como uma candidata promissora em novos mercados, com potencial de exploração nas indústrias animal, farmacêutica e cosmética (Kumar et al., 2022). Essa expansão demonstra a versatilidade da fruta e seu potencial de crescimento econômico. Em resumo, a goiaba desempenha um papel crucial na economia, gerando renda para produtores, impulsionando a indústria de processamento e contribuindo para o desenvolvimento regional e nacional.

Propriedades Medicinais e Aplicações Industriais

A goiaba possui propriedades terapêuticas, sendo usada no tratamento de diversas condições. Rica em vitaminas, sendo mais rica em vitamina C que a laranja, contém minerais e fitoquímicos, apresenta efeitos hepatoprotetores, anticancerígenos, anti-inflamatórios, antibacterianos e antioxidantes, em substituição ao molho de tomates em massas. Na indústria alimentícia, é usada em sucos, geleias e outros produtos (Worku et al., 2024). De acordo com Kumar et al. (2022), além do seu uso tradicional na indústria alimentícia, a goiaba apresenta um potencial emergente para outras áreas, como as indústrias animal, farmacêutica e cosmética, devido à sua composição química privilegiada.

Perspectivas Futuras

Para maximizar o potencial da goiaba, pesquisas futuras devem priorizar a purificação de compostos bioativos, visando o desenvolvimento de ingredientes funcionais e agentes terapêuticos (Díaz-de-Cerio et al., 2017; Kumar et al., 2022; Worku et al., 2024). Estudos clínicos são cruciais para estabelecer doses seguras e comprovar a eficácia desses compostos à base de goiaba (Worku et al., 2024). A investigação contínua de suas propriedades nutricionais e farmacológicas pode expandir suas aplicações, consolidando a goiaba como um recurso valioso para a saúde e a inovação em produtos. Simultaneamente, é imperativo abordar os desafios fitossanitários que afetam a cultura da goiaba. O controle de pragas-chave, como as espécies de moscas-das-frutas e o gorgulho-da-goiaba é essencial para garantir a produtividade e a qualidade dos frutos. Portanto, estudos sobre métodos de controle eficazes e sustentáveis são de suma importância para o futuro da cultura da goiaba.

Moscas-das-frutas ou Moscas frugívoras

As moscas frugívoras, especialmente das famílias Tephritidae e Lonchaeidae, representam uma ameaça significativa para a cultura da goiaba. A oviposição desses insetos nos frutos resulta no desenvolvimento de larvas que se alimentam da polpa, comprometendo a qualidade da fruta para consumo *in natura* e processamento industrial (Martins et al., 2024) e reduzem a quantidade, vez que grande parte dos frutos infestados por moscas-das-frutas caem antes do ponto de colheita ou, os que chegam à maturação tornam-se apodrecidos ou com alteração de sabor.

A América do Sul abriga uma rica diversidade de moscas-das-frutas, com destaque para as famílias Tephritidae (cerca de 5.000 espécies) e Lonchaeidae (800 espécies), amplamente estudadas quanto à sua diversidade de espécies, plantas hospedeiras, dinâmica populacional e inimigos naturais (Uchoa et al., 2003; Dias et al., 2018). Em pomares de goiaba, a presença de espécies como *Anastrepha striata*, *A. sororcula*, *A. obliqua* e *A. fraterculus* (Tephritidae) é frequente (Marsaro Júnior et al., 2013), bem como por espécies de *Neosilba*, que representam um desafio significativo para a produção economicamente viável (Uchoa, 2012).

Ciclo de vida e biologia das moscas frugívoras

O ciclo de vida dos tefritídeos frugívoros ocorre em três ambientes distintos: vegetação, fruto e solo. Os adultos tendem a permanecer na planta hospedeira ou em sua vizinhança, onde encontram abrigo e alimento. Após a cópula, as fêmeas realizam a oviposição no interior dos frutos, inserindo os ovos na polpa com seu ovipositor pontiagudo. Com a eclosão dos ovos, as larvas iniciam seu desenvolvimento alimentando-se dos frutos ou das sementes, dependendo da espécie. Esse estágio larval é essencial para crescimento e desenvolvimento do inseto, sendo

caracterizado por três instares larvais. Ao atingirem o último instar (terceiro), as larvas abandonam os frutos e se enterram no solo, onde ocorre ao empupamento. O período necessário para a emergência dos adultos varia entre duas e três semanas, dependendo das condições ambientais. Em regiões de clima temperado, pode ocorrer diapausa, um mecanismo adaptativo no qual as pupas permanecem no solo até a estação seguinte, garantindo a sobrevivência da espécie em períodos desfavoráveis (Nicácio & Uchoa, 2011).

As larvas das moscas-das-frutas (Tephritidae e Lonchaeidae) utilizam a polpa dos frutos ou outros tecidos vegetais como substrato para seu desenvolvimento (Uchoa, 2012). No caso da mosca-das-frutas-sul-americana, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), o período entre a postura dos ovos e a fase larval varia de 11 a 17 dias, enquanto o estágio de pupa dura de 13 a 16 dias. O tempo total entre a oviposição e a emergência do adulto varia de 27 a 31 dias, dependendo da espécie de mosca e das condições edafo-climáticas, em especial, da temperatura e da umidade do ar e do solo. Após a emergência, o período de pré-oviposição (da emergência do adulto à postura do primeiro ovo) varia de 8 a 15 dias. A fase de oviposição pode durar de 6 a 71 dias (Bisognin et al., 2013). Em relação a fase adulta das espécies do gênero *Anastrepha*, pesquisas em ambientes laboratoriais indicam que a longevidade de *A. fraterculus* e *A. sororcula* pode atingir aproximadamente 180 dias. Esse tempo prolongado de vida adulta pode ser uma estratégia adaptativa importante, permitindo que esses insetos aguardem o estágio adequado de desenvolvimento dos frutos hospedeiros (Uchoa, 2012) em condições de campo, assegurando assim a perpetuação das espécies. O estado de diapausa (interrupção no desenvolvimento para aguardar condições favoráveis) já foi detectado em pupas de *A. obliqua* e confirma a presença de estratégias adaptativas dessa espécie em regiões tropicais (Bressan-Nascimento, 2001).

Resistência a Inseticidas

Os relatórios atuais indicam que a pressão de seleção tem levado ao desenvolvimento de resistência a inseticidas (Machado et al., 2024), tornando o controle das moscas-das-frutas um desafio crescente. Tal resistência pode ocorrer devido a mutações por espécies alvos de pulverizações com inseticidas, aumentando a capacidade de desintoxicação das espécies de inseto, culminando na redução da eficácia dos produtos químicos. Mudanças na composição química da cutícula ou alterações comportamentais também podem contribuir para a resistência (Vontas et al., 2011) de moscas-das-frutas aos biocidas químico-sintéticos.

Para os Tephritoidea frugívoros, o manejo das espécies com status de praga é desafiador, pois os ovos são depositados dentro dos frutos e as larvas, ao se alimentarem no interior destes estão protegidas do contato com produtos químicos. Ao completarem o terceiro

instar, deixam a fruta para empupamento no solo, escapando, assim do contato direto com pulverizações de inseticidas (Heve et al., 2017).

Impacto Econômico

A mosca-das-frutas (Tephritoidea) são conhecidas por infestar uma ampla diversidade de espécies de frutas e hortaliças, causando perdas globais de bilhões de dólares anualmente (Aluja et al., 2024). Além disso, a infestação prejudica o comércio internacional, impedindo o acesso aos mercados e impondo encargos econômicos a produtores e exportadores (Papadopoulos et al., 2024). O impacto econômico das infestações por espécies de *Anastrepha* no cultivo da goiaba é significativo, levando a redução na produtividade e qualidade dos frutos (Marsaro Júnior et al., 2013), tanto para o comércio local quanto para industrialização e exportações.

As infestações levam à queda prematura dos frutos e à sua rejeição comercial devido aos danos causados pela oviposição e alimentação larval (Malavasi et al., 2000; Costa, 2011). Esses danos não apenas reduzem a produção, mas também resultam em restrições fitossanitárias impostas por países importadores (Grové et al., 2019). As aberturas feitas pelas fêmeas das moscas-das-frutas durante a oviposição, comprometem a aparência dos frutos e facilitam a contaminação por patógenos oportunistas, como fungos e bactérias, causando necrose e podridão (Souza-Filho et al., 2009; Borges, 2022; Martins et al., 2024). Frutas infestadas são descartadas antes de chegarem aos consumidores, intensificando as perdas comerciais (Louzeiro et al., 2021) prejudicando tanto o comércio local quanto às exportações.

As moscas frugívoras (tefríóideos) também representam uma barreira à comercialização de frutas frescas, pois os danos visíveis reduzem sua aceitação pelo consumidor. Taxas mais altas de infestação são observadas em frutas como carambola (Oxalidaceae) e goiaba (Myrtaceae), hospedeiros preferidos dessas moscas. A presença de estágios imaturos dessas espécies-praga nas frutas também representa um risco de disseminação para novas regiões, agravando ainda mais o problema (Louzeiro et al., 2021), pois o transporte de frutas infestadas aumenta a faixa de distribuição geográfica das espécies.

Pesquisas futuras das moscas-das-frutas

Atualmente, um ponto relevante para ser estudado é o impacto das mudanças climáticas na biologia das moscas-das-frutas, pois temperaturas mais elevadas podem acelerar seu ciclo de vida e aumentar sua distribuição geográfica. Diante da importância econômica e dos desafios para o controle das moscas-das-frutas, torna-se essencial o investimento em pesquisas para o desenvolvimento de novas estratégias de manejo integrado, em especial por técnicas associadas

ao método Controle Biológico. O avanço no entendimento dos mecanismos de resistência a inseticidas e a busca por métodos sustentáveis de controle, como o biocontrole, são fundamentais para mitigar os impactos negativos dessa praga na agricultura mundial.

Família Curculionidae

Os besouros da família Curculionidae, conhecidos como gorgulhos, caracterizam-se por possuírem a cabeça prolongada em forma de rostro. Este grupo de insetos inclui diversas pragas de importância econômica e quarentenária, que atacam frutas tropicais como abacate, café, goiaba e anonáceas. Os gorgulhos apresentam metamorfose completa (ovo, larva, pupa e adulto) e representam uma das famílias de insetos com elevado número de espécies consideradas pragas (Fuentes et al., 2017).

Em relação à goiaba, três espécies de gorgulhos foram identificadas em pomares comerciais: *Conotrachelus dimidiatus* e *Conotrachelus copalensis* na América do Norte (Salas-Araiza & Romero-Nápoles, 2012), e *Conotrachelus psidii* na América do Sul (Romero-Frías et al., 2015). Dentre essas espécies, o gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* Marshall, 1922, destaca-se como a principal praga da cultura da goiaba no Brasil, causando perdas significativas na produção e na qualidade dos frutos (Del vale et al., 2005).

Características do gorgulho-da-goiaba

O gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii*, é um inseto da ordem Coleoptera e família Curculionidae, subfamília Molytinae. O adulto caracteriza-se por um pequeno besouro de coloração marrom-escura, medindo aproximadamente 6 mm de comprimento e 4 mm de largura, com corpo alongado e peças bucais em forma de rostro (Gallo et al., 2002; Monroy & Insuasty, 2006; Sá & Silva, 2011).

Os élitros apresentam estrias longitudinais cobertas por cerdas curtas e finas, de coloração branca ou amarela (Gallo et al., 2002; Monroy & Insuasty, 2006; Sá & Silva, 2011). Adicionalmente, observam-se as seguintes características morfológicas: mesoesterno plano entre as coxas médias, metaesterno com superfície densamente perfurada, carena no intervalo cinco que se extingue no terço basal, e úmeros arredondados (Salas-Araiza & Romero-Nápoles, 2012).

Distribuição Geográfica do gorgulho-da-goiaba

Devido aos danos significativos causados pelas larvas aos frutos (goiabas), *C. psidii* é considerada uma praga-chave em culturas de goiaba em toda a sua área de distribuição (Monroy & Insuasty, 2006). Registros confirmam sua presença em diversos países, incluindo Bolívia,

Brasil, Colômbia, Paraguai, Peru e Venezuela (Gallo et al., 2002; Bailez et al., 2003, Monroy & Insuasty, 2006). Essa vasta distribuição geográfica evidencia a capacidade de adaptação de *C. psidii* a diferentes condições ambientais, bem como a importância da goiabeira como hospedeira em diversas regiões do continente.

Prejuízos de *Conotrachelus psidii* em goiabas

O gorgulho-da-goiaba *Conotrachelus psidii* é uma das principais pragas da goiabeira no Brasil, causando impactos significativos na produção e comercialização da fruta. A infestação por esse inseto resulta em amadurecimento e apodrecimento precoce dos frutos, conferindo-lhes uma aparência indesejável e reduzindo seu valor comercial (Machado da Rosa et al., 2015). Além disso, os danos não se restringem aos frutos, pois os adultos também podem afetar outros órgãos da planta, como botões florais, pecíolos e caule (Silva-Filho et al., 2007). As larvas destroem a polpa e as sementes da goiaba, deixando a parte interna do fruto com aspecto escurecido, o que compromete sua qualidade e aceitação pelo mercado consumidor (Gallo et al., 2002; Silva, 2009).

Frutos atacados por *C. psidii* apresentam depressões no epicarpo e manchas escuras nos locais de oviposição, enquanto as larvas se alimentam do interior da fruta, provocando endurecimento dos tecidos afetados. A presença de excrementos no interior do fruto acelera sua petrificação, causando maturação precoce e queda prematura, tornando-o inadequado tanto para consumo *in natura* quanto para processamento industrial (Insuasty et al., 2007; Delgado-Ochica & Saenz Aponte, 2012).

O desenvolvimento dos estágios imaturos desse gorgulho dentro dos frutos acentua as deformações, escurecimento interno e endurecimento da polpa, inviabilizando sua comercialização (Boscán de Martínez & Casares, 1980; Insuasty et al., 2007). A reprodução de *C. psidii* ocorre por meio da oviposição em frutos verdes ainda pequenos, onde as larvas se desenvolvem ao longo do crescimento do fruto. Quando maduras, abandonam a fruta e empupar no solo. Os frutos infestados apresentam danos irreparáveis que inviabilizam qualquer aproveitamento posterior do fruto (Romero-Frías et al., 2016).

Níveis elevados de infestação podem gerar perdas superiores a 50% caso o manejo adequado da praga não seja implementado (Pinchao & Muñoz, 2019). Em pomares fortemente infestados e sem controle químico, a taxa de frutos danificados pode atingir 100% (Boscán de Martínez & Casares, 1980). Diante dos graves prejuízos causados por *C. psidii*, torna-se essencial a implementação de estratégias eficazes de manejo integrado, a fim de minimizar as perdas econômicas e garantir a qualidade dos frutos destinados ao consumo, à agroindústria ou às exportações.

Ciclo de Vida de *Conotrachelus psidii*

O ciclo de vida do gorgulho da goiaba está intrinsecamente ligado à planta hospedeira, ao fruto e ao solo. Após a oviposição no fruto, há eclosão das larvas que iniciam sua alimentação nas sementes. Ao atingirem o desenvolvimento completo, abandonam o fruto e se enterram no solo, onde constroem uma câmara para completar a fase de pupa e emergir como adultos (Monroy & Insuasty, 2006), retomando o ciclo.

A duração do ciclo de vida do *C. psidii* apresenta variações significativas. A duração do estágio do ovo ao adulto é em média, 199 dias (Insuasty et al., 2011; Monroy & Insuasty, 2006). No entanto, outros pesquisas indicaram variações, de 360 ± 144 dias (Bailez et al., 2003) a 749 dias (aproximadamente 24 meses) (Valente & Benassi, 2014). O ciclo de vida compreende as fases de ovo, larva, pupa e adulto.

Padrões de oviposição em *Conotrachelus psidii*

A fêmea do gorgulho-da-goiaba deposita seus ovos em frutos ainda verdes, com diâmetro entre 3 e 4 cm (Bailez et al., 2003). Para isso, utiliza seu aparelho bucal que perfura a superfície do fruto e deposita um único ovo por perfuração (Pereira, 1995; Souza Filho & Costa, 2003). Após a oviposição, o orifício é selado com restos de alimentação e excrementos, um mecanismo que oferece proteção aos ovos contra fatores ambientais e predadores (Valente & Benassi, 2014). Essa oviposição endofítica (dentro do tecido do fruto), é fundamental para a sobrevivência dos ovos, pois a barreira física do fruto protege contra variações climáticas, danos mecânicos (como chuva e vento) e reduz a exposição aos fungos entomopatogênicos, ácaros, predadores e parasitoides naturais (Valente & Benassi, 2014).

Morfologia do ovo do gorgulho-da-goiaba

Os ovos de *C. psidii* apresentam formato elíptico e coloração leitosa, com dimensões médias de 1,1 mm de comprimento e 0,70 mm de largura (Valente & Benassi, 2014).

A duração do estágio embrionário, ou seja, o tempo de desenvolvimento do ovo, varia entre 3 e 9 dias, conforme relatado em diferentes estudos (Valente & Benassi, 2014; Bailez et al., 2003; Monroy & Insuasty, 2006; Insuasty et al., 2011). Essa variação pode ser influenciada por fatores como temperatura, umidade e outros fatores ambientais.

Morfologia da larva de *Conotrachelus psidii*

As larvas de *C. psidii* eclodem com coloração esbranquiçada e cabeça escura. Ao se alimentarem da polpa de frutos avermelhados, podem adquirir uma tonalidade amarelada

(Valente & Benassi, 2014). Logo após a eclosão, medem aproximadamente 1,5 mm de comprimento, alcançando cerca de 1,1 cm ao atingirem o desenvolvimento completo (Valente & Benassi, 2014).

O desenvolvimento larval ocorre em quatro ínstares. Os três primeiros se desenrolam dentro do fruto, com duração de 42 a 56 dias. O quarto ínstar ocorre no solo, onde as larvas permanecem por um período de 60 a 90 dias antes de empuparem (Monroy & Insuasty, 2006; Insuasty et al., 2011). A duração média do período larval, segundo diferentes estudos, varia de 8 a 27 dias (Bailez et al., 2003; Valente & Benassi, 2014; Pinchao & Muñoz, 2019).

Características da pupa do gorgulho-da-goiaba

À medida que o fruto amadurece e cai ao solo, as larvas completam seu desenvolvimento e abandonam os frutos, rastejando para o solo, onde se enterram a uma profundidade média de 5 a 15 cm e constroem uma câmara subterrânea para os estágios de pré-pupa e pupa (Bailez et al., 2003; Monroy & Insuasty, 2006).

Após um período de tempo variável no solo, as larvas de *C. psidii* entram na fase de pré-pupa, que pode durar de 60 a 229 dias, o estágio de pupa foi relatado apenas 14 a 60 dias dependendo das condições ambientais, como umidade do solo e temperatura (Bailez et al., 2003; Monroy & Insuasty, 2006; Valente & Benassi, 2014). Durante esse estágio, elas permanecem enterradas até completarem sua metamorfose e iniciarem o empupamento.

Morfologia e comportamento do adulto de gorgulho-da-goiaba

Conotrachelus psidii emerge do solo entre 20 e 30 dias após o fim da fase de pupa (Insuasty et al., 2011). A emergência pode ocorrer em diferentes épocas do ano, sendo mais comum durante a estação chuvosa (Pinchao & Muñoz, 2019). Após a emergência, os adultos passam por um período de maturação, no qual o exoesqueleto escurece e se torna mais quitinizado, processo que leva de três a cinco dias (Valente & Benassi, 2014). Durante esse período, os adultos permanecem no solo por cerca de 22 dias, com variações de 7 a 46 dias (Valente & Benassi, 2014).

Após emergirem do solo, os adultos iniciam a alimentação, em média, 11 dias depois (Valente & Benassi, 2014). A longevidade dos adultos varia, com fêmeas vivendo em média 6 meses e machos até 9 meses (Pinchao & Muñoz, 2019). Em condições de laboratório, a longevidade média dos adultos foi de 149,32 dias (Valente & Benassi, 2014).

Fatores que Influenciam o Ciclo de Vida de *C. psidii*

A variação da duração média do ciclo de vida total de *C. psidii* pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a qualidade do alimento larval (Valente & Benassi, 2014) e fatores abióticos, como temperatura e umidade do solo, especialmente durante a fase de pré-pupa (Pinchao & Muñoz, 2019). Estudos em laboratório, como os de Bailez et al. (2003) e Valente & Rodrigues (2014), relataram durações diferentes para as fases larval e pré-pupal, possivelmente devido às condições controladas e à alimentação fornecida. Contudo, em condições de campo são necessários mais estudos de monitoramento desta espécie-praga, especialmente em pomares comerciais.

Controle populacional

O controle do gorgulho-da-goiaba é um desafio para os fruticultores, uma vez que as goiabeiras frequentemente ocorrem em ambientes silvestres ou estão associadas a sistemas silvipastoris, o que favorece o aumento populacional da praga a cada colheita e resulta em consideráveis perdas econômicas (Insuasty et al., 2011). Para o manejo desse curculionídeo, são empregados diversos métodos, incluindo o uso de inseticidas, embora a eficácia dessa abordagem seja limitada devido à aquisição de resistência por parte da praga (Souza et al., 2003; Del Valle et al., 2005). Além disso, a maior parte do ciclo biológico do gorgulho-da-goiaba ocorre dentro do fruto, dificultando a ação dos inseticidas (Del Valle et al., 2005). Outros fatores que comprometem a eficiência do controle químico incluem aplicações mal programadas e o comportamento dos adultos, que tendem a se esconder na serapilheira ao redor das árvores, evitando o contato com os produtos químicos (Denholm & Rolland, 1992). Como resultado, *C. psidii* frequentemente sobrevive às aplicações de inseticidas, pois não permanece expostos ao produto (Romero-Frías et al., 2016).

Dessa forma, é essencial o desenvolvimento de estratégias complementares para o manejo desta espécie-praga (Romero-Frías et al., 2016). Além disso, o monitoramento dos danos aos frutos tem sido indicado como a estratégia mais confiável para a tomada de decisão durante a implementação das práticas de controle (Sá & Silva, 2011; Pinchao & Muñoz, 2019). A adoção de um Programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), que inclui controle biológico, controle cultural, uso de feromônios, desenvolvimento de plantas resistentes e outras alternativas, tem sido recomendada para o controle sustentável do gorgulho-da-goiaba (Dolinski, 2003; Dolinski & Lancelly, 2007; Romero-Frías et al., 2016). Entre as alternativas estudadas, destaca-se o controle biológico, com o uso de nematoides e fungos entomopatogênicos (Dolinski et al., 2003; Del Valle et al., 2005; Brito et al., 2008; Delgado-Ochica & Saenz Aponte, 2012) com grande potencial, especialmente em ambientes úmidos.

Pesquisas futuras

Diante da complexidade do ciclo de vida e dos desafios no controle de *C. psidii*, torna-se evidente a necessidade de uma abordagem integrada e sustentável para o manejo dessa espécie-praga. As variações nos resultados de estudos sobre o ciclo de vida destacam a influência de fatores ambientais e metodológicos, ressaltando a importância de pesquisas contínuas para aprimorar o conhecimento sobre a biologia do gorgulho-da-goiaba. Adicionalmente, as mudanças climáticas representam um fator de crescente preocupação, com o potencial de alterar o ciclo de vida e a distribuição geográfica de *C. psidii*. A adaptação das estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP) às mudanças climáticas é fundamental para garantir a sustentabilidade da cultura da goiaba. A implementação de estratégias de MIP, incluindo o controle biológico, cultural e outras alternativas, emerge como uma abordagem promissora para minimizar os impactos negativos de *C. psidii*, garantindo a produtividade e a qualidade dos frutos em um cenário de mudanças climáticas.

Fungos entomopatogênicos

Os fungos são microrganismos parasitas naturais de insetos, que se encontram onipresentes nos solos. Estes patógenos desempenham um importante papel como agentes de controle biológico natural para muitas espécies de Insecta, geralmente causando epizootias (epidemias que se espalha rapidamente entre uma população de insetos) diminuindo as populações das espécies infectadas. Devido a diversas características desses fungos, tais como produção de enzimas (Qasim et al., 2020) que agem por contato e podem infectar todos os estágios de desenvolvimento dos insetos (Lacey et al., 2015), possuem grande potencial para serem utilizados no controle biológico contra insetos-pragas (Mondal et al., 2016; Rojas et al., 2023).

No controle biológico, os fungos entomopatogênicos, podem representar uma alternativa mais ambientalmente aceitável por não agredir o meio ambiente (Ortiz-Urquiza et al. 2015, Wang & Wang, 2017). São considerados seguros para insetos benéficos como abelhas, e outros organismos prestadores de serviços ambientais, como as minhocas (Annelida) e os Collembola (Arthropoda: Ellipura), que são os principais fornecedores de serviços ecossistêmicos. São seguro também para artrópodes inimigos naturais de espécies-praga (Arthropoda: Acarina), parasitas, parasitoides e predadores (Brownbridge & Glare, 2007; Loureiro & Moino, 2008; Rossoni et al., 2014; Dias et al., 2019, Peng et al., 2021).

No MIP, a preservação de inimigos naturais permite que eles contribuam mais para a regulação geral de espécies-praga (Lacey et al., 2015), e a manutenção da biodiversidade é cada vez mais reconhecida como crítica para a produtividade de longo prazo em fazendas e florestas. Essa conservação da diversidade biológica nos ecossistemas aumentao potencial dos fungos

entomopatogênicos no contexto do MIP (Lacey et al., 2015; Dias et al., 2020; Loureiro et al., 2024). Além do controle de insetos-praga, os fungos também desempenham vários papéis ecológicos importantes nos ecossistemas. Espécies dos gêneros *Metarhizium* e *Beauveria*, que são comumente encontradas no solo, estabelecem relações complexas com as plantas como endófitos ou biofertilizantes (Behie et al., 2012; Lacey et al., 2015; Jaber & Enkerli 2017; Litwin et al., 2020) e contribuem na proteção de plantas contra patógenos microbianos pela supressão dos agentes causadores de doenças ou aumentando as respostas de defesa de espécies de plantas (Moonjely et al., 2016). Fungos também podem ser utilizados para a biorremediação, removendo substâncias nocivas do meio ambiente, pois possuem enzimas que permitem a retirada de compostos tóxicos de origem antropogênica (Litwin et al., 2020).

Dentre as principais vantagens do uso de fungos no controle de insetos-praga, em comparação com os produtos químicos convencionais, destacam-se: a não-agressão ao meio ambiente e segurança para a biodiversidade; ausência de efeitos residuais tóxicos (apesar da produção de micotoxinas seus níveis não são altos o suficiente para causarem danos para vertebrados, como o ser humano) (Rojas et al., 2023); a seletividade e especificidade do hospedeiro; não favorecer a seleção de populações de insetos resistentes devido o modo de ação, e variabilidade genética; pode afetar todos os estágio de desenvolvimento do insetos-praga, visto que sua infecção ocorre pelo contato; persistência no ambiente e dispersar em condições ambientais desfavoráveis; possibilidade de associação a outros agentes de controle biológico e inseticidas químicos sintéticos e resultando em um efeito sinérgico, e redução na dependência de inseticidas químicos (Fontes & Valadares-Inglis, 2020) muitas vezes importados de outros países ou continentes.

Os fungos entomopatogênicos apresentam grande potencial para sua utilização no manejo de espécies-pragas. No entanto, há algumas limitações: necessitam de um período livre de fungicidas específicos e condições ambientais favoráveis, com elevada umidade e temperatura amena e proteção contra a radiação solar para germinação e infecção. Além disso, sua persistência e taxa de infecção podem ser limitadas a condições ambientais desfavoráveis; ação mais lenta uma vez que requerem cerca de 2 a 3 semanas para matar espécies de insetos, mas somente nos casos em que a sobrevivência do inseto na lavoura possa resultar em perdas econômicas significativas (Islam et al., 2021, Licona-Juárez et al., 2023).

Mecanismo de ação dos fungos entomopatogênicos

O processo de infecção por fungos entomopatogênicos ocorre pelo contato nos insetos. Inicialmente ocorre a adesão de estruturas fúngicas à superfície do corpo (exoesqueleto) do inseto hospedeiro suscetível, seguida por germinação, penetração e colonização interna (Fontes

& Valadares-Inglis, 2020). A infecção começa com a fixação de formas dispersivas unicelulares do fungo, por exemplo, conídios ou blastósporos, à cutícula do inseto (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013).

Adesão e fixação dos fungos entomopatogênicos

Os conídios se fixam na superfície do corpo do inseto hospedeiro pelo movimento passivo do ar e da água (Islam et al., 2021). A ação dos propágulos infectivos é um processo dinâmico que envolve interações eletrostáticas e hidrofóbicas. No caso dos fungos entomopatogênicos amplamente empregados na supressão populacional de espécies de insetos, tanto *B. bassiana* quanto *M. anisopliae* produzem conídios hidrofóbicos que contêm uma camada superficial de rodlet (estruturas proteicas em forma de bastonetes que formam uma camada superficial nos conídios de certos fungos) composta por proteínas denominadas hidrofobinas. Além das hidrofobinas, as adesinas são conhecidas como importantes proteínas envolvidas no processo de adesão à cutícula dos insetos. Em alguns casos, a capacidade de adesão de conídios à cutícula parece estar relacionada ao tipo e ao tamanho das cadeias de hidrocarbonos presentes nela (Fontes & Valadares-Inglis, 2020).

Germinação dos fungos entomopatogênicos

Quando um conídio se liga à superfície do hospedeiro, ele germina e seu crescimento posterior é fortemente afetado por fatores abióticos, tais como: pH, temperatura, oxigênio e nutrientes disponíveis, entre outros. O crescimento dos conídios aderidos é afetado também pelas toxinas produzidas pela cutícula do hospedeiro. A germinação e o crescimento do fungo na superfície e a subsequente penetração dependem das condições ambientais favoráveis, da especificidade do hospedeiro, do elevado vigor dos propágulos fúngicos, entre outros fatores (Faria et al., 2015, Fontes & Valadares-Inglis, 2020, Islam et al., 2021).

Penetração dos fungos entomopatogênicos

Após a germinação, a penetração do fungo na cutícula de insetos ocorre preferencialmente nas regiões cuticulares menos esclerotizadas, como é o caso das regiões membranosas intersegmentares, visando atingir a estrutura interna para a absorção de nutrientes para seu crescimento vegetativo e reprodutivo (Fontes & Valadares-Inglis, 2020).

A penetração via exoesqueleto envolve pressão mecânica com a formação de estruturas especializadas denominadas apressórios, os quais são formados a partir dos tubos germinativos. A estrutura penetrante entra diretamente na cutícula, formando estruturas fusiformes

denominadas hifas, que se estendem lateralmente entre as camadas da endocutícula. O processo de penetração é complexo, uma vez que as cutículas são estruturas altamente heterogêneas, que variam em composição de acordo com a espécie do inseto e ao longo dos diferentes estágios de vida de uma determinada espécie, bem como com o tipo de dieta que eles têm, entre outros fatores (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013).

Além das estruturas penetrantes desenvolvidas, os fungos produzem e secretam enzimas catabólicas e extracelulares que parecem estar envolvidas no processo de infecção. A cutícula do inseto é diretamente penetrada pela atividade enzimática extracelular (lipases, esterases, diferentes proteases e quitinases) dos fungos para atingir a hemocele ou pode entrar através do aparelho bucal (Sánchez-Pérez et al., 2014). Todas essas enzimas trabalham em conjunto para facilitar a penetração na cutícula do inseto.

Colonização dos fungos entomopatogênicos nos hospedeiros

Uma vez dentro das cavidades do corpo do inseto, os fungos passam da fase de hifas para corpos hifais (blastósporos), disseminando-se na cavidade interna do corpo por meio da hemolinfa. Posteriormente, após extensiva replicação, o fungo retorna à fase de hifas e invade tecidos musculares, corpos gordurosos, tubos de Malpighi, entre outros órgãos. Após a exaustão de nutrientes e morte do hospedeiro, as hifas penetram a cutícula do interior para o exterior, emergindo na superfície corporal externa e, sob condições ambientais favoráveis, iniciam a última fase do ciclo de vida do fungo (reprodução) com a formação de conídios. O crescimento da hifa continua de dentro para fora, consumindo finalmente o hospedeiro, com o estágio final sendo o crescimento micelial e a esporulação no cadáver do inseto. A morte de insetos ocorre devido a vários fatores, incluindo o esgotamento de nutrientes, a invasão de seus tecidos, a presença de compostos com efeito letal aos insetos (Lacey et al., 2015, Islam et al., 2021). Os fungos entomopatogênicos produzem metabólitos tóxicos que afetam os insetos. Esses metabólitos são denominados como peptídeos não ribossômicos (NRP - do inglês nonribosomal peptides), policéticos, derivados de lisina, terpenoides e esteróis. Entre os principais NRPs destacam-se as destruxinas, efraeptinas, beauvericina, bassianolídeos e ciclosporinas (Fontes & Valadares-Inglis, 2020).

Reprodução dos fungos entomopatogênicos

Após a morte do inseto, as hifas começam a emergir pelos espiráculos e regiões intersegmentais. Esporulam externamente no corpo do inseto hospedeiro sob condições de alta umidade (acima de 70%), temperatura amena (25 a 28 °C) (conidiogênese), formando as hifas

e o micélio. A grande quantidade de conídios formada externamente facilita a disseminação no ambiente (Faria et al., 2015).

Principais espécies de fungos para o controle de insetos

Entre os fungos empregados no controle de insetos, *B. bassiana* e *M. anisopliae* estão entre as espécies mais intensamente utilizadas para o controle biológico de insetos (Zhou et al., 2021). Estes fungos têm distribuições cosmopolitas e são comumente isoladas de insetos e do solo, usando meios seletivos e iscas para insetos (Khun et al., 2021). *B. bassiana* é patogênica para muitas espécies de insetos, sendo geralmente considerada não seletiva. O exoesqueleto dos insetos infectados fica totalmente coberto com micélio branco denso desta espécie de fungo, devido ao crescimento micelial e produção de conídios (Rohrlich et al., 2018), culminando com a morte do hospedeiro.

A espécie *Metarhizium anisopliae* é considerado um importante entomopatógeno (Brunner-Mendoza et al., 2019). As principais características deste gênero envolvem o padrão de ramificação dos conidióforos, que são densamente entrelaçados, arredondado para o alinhamento dos ápices cônicos das células da conidiogênese que estão dispostas em um denso himênio, que é essa camada densa de células conidiogênicas (células que produzem conídios, um tipo de esporo assexuado) (Mongkolsamrit, 2020). Os conídios não têm paredes cruzadas, portanto, são denominados aseptados e são de cor verde claro ou brilhante ou verde-amarelado (Leadmon, 2020).

Os fungos entomopatogênicos têm um amplo espectro de atividade e, portanto, podem infectar uma grande diversidade de espécies de artrópodes (Khan et al., 2012; Ríos-Moreno et al., 2016), principalmente insetos e ácaros. Diversos estudos têm comprovado a eficiência de *B. bassiana* e *M. anisopliae* na supressão populacional de várias Ordens de Insecta, especialmente naquelas em que se concentram insetos considerados pragas, tais como Diptera (Amobonye et al., 2020), Lepidoptera (Ullah, 2019), Hemiptera, Coleoptera (Bhadani et al., 2021). Insetos pertencentes às famílias Curculionidae (Coleoptera) e Tephritidae (Diptera) estão entre as principais pragas na agricultura mundial, nesse sentido são apresentadas as principais publicações sobre fungos entomopatogênicos contra insetos dessas duas famílias.

Controle de curculionídeos-praga com *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*

A literatura algumas publicações avaliaram a eficácia de diferentes cepas desses fungos em diversas concentrações para o controle de várias espécies de curculionídeos. As espécies analisadas incluem *Conotrachelus psidii* (Marshall, 1922), *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824), *Cylas puncticollis* (Boheman 1883), *Hylobius abietis* (Linnaeus, 1758), *Hypera*

brunneipennis (Boheman, 1834), *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867), *Hypera postica* (Gyllenhal, 1813), *Kuschelorhynchus macadamiae* (Jennings & Oberprieler, 2018), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855), *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1875), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763), *Odoiporus longicollis* (Olivier, 1807), *Metamasius spinolae* (Gyllenhal, 1838), *Xyleborus glabratus* (Eichhoff, 1877) e *Xylosandrus germanus* (Blandford, 1894) (Tabela 1).

As pesquisas revelam que os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* elecados na Tabela 1 exibem alta patogenicidade para várias espécies de curculionídeos. Esses entomopatógenos expressam altas taxas de mortalidade sobre várias espécies de gorgulhos pragas que atacam plantas cultivadas. As pesquisas revelam a eficiência dos citados fungos como agentes de controle biológico. Por exemplo, a cepa ECS1/BRIP 70272 de *M. anisopliae* apresentou uma mortalidade de 97,5% em *Kuschelorhynchus macadamiae* (Abdel-Raheem et al., 2019) e a cepa KH3 de *B. bassiana* atingiu 90% de mortalidade em *Odoiporus longicollis* (Alagesan et al., 2019). Esses resultados destacam o potencial dessas cepas para o manejo de pragas em diferentes contextos agrícola.

Outro ponto para destacar é a variabilidade na eficácia em relação aos insetos. A eficácia dos fungos variou especialmente conforme a espécie do Curculionidae e as condições de aplicação. Em *Sitophilus granarius*, a mortalidade foi aproximadamente de 55% (Athanassiou & Steenberg, 2007) até 100 % de mortalidade (Wakil et al., 2021), enquanto para *Sitophilus zeamais*, foi de até 100% em altas doses de fungos (Mbata et al., 2018). Isso sugere que a escolha da cepa e das doses do fungo entomopatógeno são cruciais para otimizar o controle biológico dos gorgulhos com status de praga.

Além disso, outro fator que se sobressai é a influência das condições ambientais para as atividades dos fungos. A eficácia de *B. bassiana* sobre *Sitophilus oryzae* (Chikhanis et al., 2018) foi de 74,4 % em condições de temperatura moderada de 25 a 30 °C, sugerindo que fatores ambientais podem afetar a virulência dos fungos entomopatogênicos. Isso é crucial para o desenvolvimento de estratégias de controle que considerem as condições climáticas das áreas de cultivo.

A escolha da cepa adequada para o controle biológico é um fator decisivo. A variação na mortalidade entre diferentes cepas de *B. bassiana* e *M. anisopliae* ao suprimir a população de *Xylosandrus germanus* (Castrillo et al., 2011; Tuncer et al., 2019), sugere que a escolha da cepa é vital para a eficácia do controle de insetos-praga. Isso indica a necessidade de trabalhos adicionais para identificar cepas específicas que são mais eficazes contra determinadas espécies-pragas.

Tabela 1. Publicações demonstrando a patogenicidade dos fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli, 1835) Vuillemin 1912 (Hypocreales: Cordycipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883 (Hypocreales: Clavicipitaceae), sobre curculionídeos (Insecta: Coleoptera), globalmente.

Espécies de curculionídeos	Fungos entomopatogenicos	Local	Autores
<i>Conotrachelus psidii</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Brito et al., 2008
<i>Conotrachelus humeropictus</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Campo	Simi et al., 2018
<i>Cosmopolites sordidus</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Fancelli et al., 2013
<i>Cylas puncticollis</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Ondiaka et al., 2008
<i>Hylobius abietis</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Campo/Laboratório	Lalík et al., 2021
<i>Hypera brunneipennis</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Campo	El Hussein, 2019
<i>Hypothenemus hampei</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i> <i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório Campo	Pava-Ripoll, et al., 2008 Wright, et al., 2021
<i>Hypera postica</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Yucel et al., 2018
<i>Kuschelorthynchus macadamiae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Baysal et al., 2018 Khun et al., 2020
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>		Laboratório	Abdel-Raheem et al., 2019
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Yasin et al, 2021
		Laboratório	Qayyum, et al., 2020
		Campo	Hussein, 2019
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i> <i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório Laboratório Laboratório	Ahmed, R., Freed, 2021 Mbata et al., 2018
		Laboratório	Athanassiou & Steenberg, 2007
<i>Sitophilus granarius</i>	<i>Beauveria bassiana</i> <i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i> <i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório Laboratório Laboratório Laboratório	Hansen et al., 2007 Batta, 2018 Wakil et al., 2021
<i>Sitophilus granarius/</i> <i>Sitophilus oryzae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Ak, 2019
<i>Sitophilus oryzae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Kavallieratos et al., 2014
<i>Odoiporus longicollis</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Chikhanis et al., 2018
<i>Metamasius spinolae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Alagesan et al., 2019
<i>Xyleborus glabratus</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Campo/Laboratório	Orduño-Cruz et al., 2011
<i>Xylosandrus germanus</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Carrillo et al., 2015
		Laboratório	Castrillo et al., 2011

Além da mortalidade direta, os fungos entomopatogênicos também impactaram outros parâmetros biológicos, como a fecundidade e a viabilidade dos ovos de curculionídeos. Os resultados das pesquisas demonstram que esses fungos entomopatogênicos podem reduzir o consumo alimentar, a fecundidade e a viabilidade dos ovos, em *Cylas puncticollis* (Ondiaka et al., 2008), interferindo negativamente na produção de progênie, o que resulta em ninhadas menores e, em alguns casos, na infecção de 100% da progênie. Como exemplo, a infecção por *B. bassiana* resultou em reduções significativas na fecundidade (62,6%), na progênie (78%) (Dembilio et al., 2019), e em ovos (90 %) (Abdel-Raheem et al., 2019) de *Rhynchophorus ferrugineus*. Isso destaca a capacidade de supressão populacional de gorgulhos de *B. bassiana* não apenas controlar populações de pragas, mas também afetar sua capacidade de reprodução, o que pode levar a uma taxa de controle mais sustentável a longo prazo.

Os resultados demonstram casos de transmissão horizontal - propagação de um agente biológico (patógeno, parasita ou simbiote) entre indivíduos de uma mesma geração ou de diferentes gerações que não estão diretamente relacionados como progenitor e prole. A ocorrência de transmissão horizontal entre os insetos foi observada, como evidenciado em pesquisas com *Hypothenemus hampei*, sendo que a mortalidade acumulativa estabilizou-se entre 50-60% em campo (Wraight et al., 2021). Isso indica que a infecção pode se espalhar entre indivíduos, potencializando a eficácia do fungo no controle populacional a longo prazo. Embora a maioria dos experimentos seja realizada em laboratório, algumas pesquisas em campo também foram conduzidas. A diferença na eficácia observada entre os estudos de laboratório e campo, como no caso de *Hylobius abietis* (Lalík et al., 2021), indica que mais pesquisas em campo são necessárias para validar os resultados em laboratórios e adaptar as aplicações para condições reais.

Também existe uma diferença na suscetibilidade dos estágios de desenvolvimento dos insetos aos fungos. As larvas de diferentes espécies mostraram maior suscetibilidade aos fungos em comparação aos adultos. Por exemplo, a mortalidade foi de 100% em larvas de *Hypera postica* e 98% em adultos (Yucel et al., 2018). Os resultados das pesquisas analisadas demonstram que todas as fases do desenvolvimento dos insetos são suscetíveis à ação dos fungos, embora o controle biológico tenda a ser mais eficaz quando direcionado aos estágios jovens. Essa maior suscetibilidade das larvas está possivelmente relacionada ao menor grau de quitinização de seu tegumento em comparação ao exoesqueleto dos adultos.

As pesquisas mencionadas demonstram a variabilidade de eficácia entre populações. Como demonstrado por Ahmed e Freed (2021), que indicaram diferenças na eficácia do *B.*

bassiana em populações de *R. ferrugineus* de diferentes localidades, com valores de CL_{50} variando de $1,3 \times 10^7$ a $1,02 \times 10^8$ conídios mL^{-1} . Essa variabilidade sugere que a eficácia do fungo pode ser influenciada por fatores locais, como genética da população do inseto e/ou condições ambientais, o que ressalta a importância de pesquisas regionais para um controle biológico mais eficaz.

A dependência da concentração para a eficácia dos fungos sugere que um manejo adequado das dosagens é fundamental para maximizar a mortalidade das espécie-pragas, o que pode ser um critério importante para o desenvolvimento de protocolos de aplicação. Pesquisas indicam que *B. bassiana* e *M. anisopliae* têm um potencial significativo para o controle biológico de gorgulhos. No entanto, a escolha da cepa, as condições ambientais, e as interações com outros produtos são fatores cruciais que precisam ser considerados para otimizar a eficácia desses fungos como bioinseticidas. O desenvolvimento de estratégias integradas de manejo que combinem controle biológico com práticas agrícolas sustentáveis pode oferecer soluções mais eficazes e ambientalmente amigáveis para o controle de espécies com status de praga em ecossistemas agrosilvipastoris.

Controle de tefritídeos com *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*

Várias pesquisas têm sido conduzidas com fungos entomopatogênicos visando o controle de tefritídeos, incluindo as espécies *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), *Anastrepha ludens* (Loew, 1873), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock, 1994), *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett, 1899), *Bactrocera dorsalis* (Handel 1912), *Bactrocera oleae* (Rossi, 1790), *Bactrocera zonata* (Saunders, 1842), *Bactrocera tryoni* (Froggatt, 1897), *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), *Ceratitis cosyra* (Walker, 1849), *Ceratitis fasciventris* (Bezzi, 1920), *Rhagoletis cerasi* (Linnaeus, 1758), *Rhagoletis indifferens* (Curran, 1932), *Rhagoletis mendax* (Curran, 1932), *Rhagoletis suavis* (Loew, 1862) e *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett, 1899) (Tabela 2).

Os fungos entomopatogênicos, tanto *Beauveria bassiana* quanto *Metarhizium anisopliae* demonstraram ser altamente eficazes contra espécies de moscas-das-frutas. Várias publicações evidenciaram uma alta mortalidade em diferentes espécies de moscas e estágios de desenvolvimento, indicando seu potencial como agentes de biocontrole.

Tabela 2. Publicações demonstrando a patogenicidade dos fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli, 1835) Vuillemin 1912 (Hypocreales: Cordycipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883 (Hypocreales: Clavicipitaceae), sobre tefritídeos (Insecta: Diptera), globalmente.

Espécies de tefritídeos	Fungos entomopatogenicos	Local	Autores
<i>Bactrocera dorsalis</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Wang et al., 2021
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Campo	Hamzah et al., 2021
<i>Bactrocera oleae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Mahmoud, 2009
<i>B. zonata</i> e <i>B. cucurbitae</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Sookar et al., 2014
<i>B. zonata</i> e <i>B. cucurbitae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Sookar et al., 2008
<i>B. cucurbitae</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Iqbal et al., 2021
<i>B. zonata</i> e <i>B. dorsalis</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Campo/ Laboratório	Usman et al., 2021
<i>Bactrocera carambolae</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i> / <i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Brito et al., 2019
<i>Bactrocera tryoni</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Carswell et al., 1998
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Chergui et al., 2020
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Quesada-Moraga et al., 2006
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Queiroz de Oliveira et al. 2010
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Rabea et al., 2015
<i>C. capitata</i> / <i>C. cosyra</i> / <i>C. fasciventris</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Dimbi et al., 2003
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Soliman et al., 2020
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Bissoli, et al., 2014
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Imoulán et al., 2014
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Campo	Flores et al., 2013
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Campo	Navarro-Llopis et al., 2015
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	San Andrés et al., 2014
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Ortiz-Urquiza et al., 2010
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Toledo et al., 2017
<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Díaz-Ordaz, et al., 2010
<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Osorio-Fajardo & Canal., 2011
<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Campo/ Laboratório	Martínez-Barrera et al. 2020
<i>Anastrepha ludens</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Presa-Parra et al., 2021

<i>Anastrepha ludens</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	De la Rosa et al., 2002
<i>Anastrepha ludens</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Sánchez-Roblero et al., 2012
<i>Anastrepha ludens</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Lezama-Gutiérrez, 2000
<i>Anastrepha ludens</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Campo/ Laboratório	Toledo et al., 2007
<i>Anastrepha ludens</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Wilson et al., 2017
<i>Anastrepha fraterculus</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Chaneiko et al., 2019
<i>Anastrepha fraterculus</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Destéfano et al., 2005
<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Onsongo et al., 2019
<i>Rhagoletis cerasi</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Daniel & Wyss, 2010
<i>Rhagoletis cerasi</i>	<i>Beauveria bassiana</i> / <i>Metarhizium anisopliae</i>	Campo	Daniel & Wyss, 2009
<i>Rhagoletis indifferens</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Yee, 2020
<i>Rhagoletis indifferens</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Cossentine et al., 2010
<i>Rhagoletis mendax</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Renkema et al., 2020
<i>Rhagoletis suavis</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Nisar et al., 2019

A eficácia dos fungos entomopatogênicos contra espécies de moscas-das-frutas foi influenciada por fatores como a concentração de conídios, o método de aplicação e as condições ambientais. Em muitos casos, uma concentração mais alta de esporos (10^7 a 10^9 conídios/mL) foi necessária para alcançar níveis de controle satisfatórios (acima de 60% de eficiência) (Destéfano et al., 2005; Toledo et al., 2007; Daniel & Wyss, 2009; Queiroz de Oliveira et al., 2010; Osorio-Fajardo & Canal, 2011; Sánchez-Roblero et al., 2012; Fernández-Bravo et al., 2017; Toledo et al., 2017; Chergui et al., 2020; Lezama-Gutiérrez, 2000; Onsongo et al., 2019; Yee, 2020; Iqbal et al., 2021; Wang et al., 2021).

Em espécies de moscas-das-frutas como as espécies *Ceratitis capitata* e *Bactrocera oleae*, as taxas de mortalidade variaram significativamente de acordo com a dose e o isolado fúngico aplicado, com valores de concentração letal para provocar a mortalidade de 50% população (CL_{50}) variando conforme a espécie e a localização geográfica (Dimbi et al., 2003; Quesada-Moraga et al., 2006; Mahmoud, 2009; Ortiz-Urquiza, 2010; Queiroz de Oliveira et al., 2010; Flores et al., 2013; Imoulan et al., 2014; San Andrés et al., 2014; Bissoli, et al., 2014; Navarro-Llopis et al., 2015; Rabea et al., 2015; Toledo et al., 2017; Chergui et al., 2020; Soliman et al., 2020).

Além de causar mortalidade direta, os fungos entomopatogênicos também impactaram a fecundidade e o desenvolvimento das moscas-das-frutas. Em algumas pesquisas, a infecção por *B. bassiana* e *M. anisopliae* resultou em uma redução significativa no número de ovos

produzidos pelas fêmeas, na eclosão de ovos e no desenvolvimento de larvas (Destéfano et al., 2005; Daniel & Wyss, 2009; Queiroz de Oliveira et al., 2010; Imoulán et al., 2014; Bissoli et al., 2014; Sookar et al., 2014; Chaneiko et al., 2019; Brito et al., 2019; Lezama-Gutiérrez, 2000; Renkema et al., 2020; Soliman et al., 2020; Usman et al., 2021). Além de reduzir a fecundidade e a fertilidade em *C. capitata* (Quesada-Moraga et al., 2006). Os dados indicam que os fungos não apenas controlam a população de adultos de espécies de moscas-das-frutas, mas também reduzem a capacidade de multiplicação das espécies-praga, sendo uma ferramenta eficaz para o manejo populacional a longo prazo.

A eficácia dos fungos entomopatogênicos variou consideravelmente entre as espécies de moscas-das-frutas e os isolados fúngicos testados. Por exemplo, *B. bassiana* foi mais eficaz em algumas espécies, como em *C. capitata*, causando 100 % de mortalidade em adultos e até 94,5 % em pupas, enquanto *M. anisopliae* causou 95% de mortalidade em adultos e 45 % em pupas (Quesada-Moraga et al., 2006).

Essa variabilidade destaca a importância de selecionar cepas específicas para o biocontrole, com base na espécie-alvo e nas condições locais de campo. Embora os resultados de laboratório tenham demonstrado mortalidade de 100 % em várias espécies de moscas-das-frutas, os ensaios de campo revelaram uma eficácia ligeiramente inferior, principalmente devido a fatores ambientais, como temperatura e umidade, que afetam a viabilidade dos conídios. Apesar disso, os fungos entomopatogênicos continuam a ser considerados viáveis para o controle biológico, especialmente quando aplicados em combinação com outras estratégias, como iscas com atrativo alimentar em armadilhas para a captura de adultos na fase reprodutiva.

A eficácia dos fungos entomopatogênicos em condições de campo foi altamente influenciada por fatores climáticos, como a umidade relativa e a temperatura. Em regiões de clima quente e seco, a eficácia dos fungos foi menor devido à baixa viabilidade dos esporos. Esse fato confirma a necessidade de ajustar a formulação e a aplicação dos fungos entomopatogênicos de acordo com as condições climáticas locais, além de considerar tecnologias que possam melhorar a resistência dos esporos a condições adversas. Muitas vezes, o simples ajuste nos horários das aplicações dos entomopatógenos pode viabilizar o emprego desta técnica de controle biológico.

Desta forma, os fungos entomopatogênicos apresentam um grande potencial para a supressão populacional de espécies de moscas-das-frutas em programas de manejo integrado. Sua eficácia em diferentes estágios de desenvolvimento dos tefritoídeos, aliada à capacidade de reduzir a fecundidade e a sobrevivência das larvas, os torna uma ferramenta poderosa para o controle das pragas-chave. No entanto, a variabilidade de resultados entre espécies e a

influência das condições ambientais indicam que pesquisas específicas devem ser realizadas para otimizar seu uso em diferentes regiões e sistemas agrícolas. Além disso, o uso combinado com outras técnicas de controle pode aumentar a eficácia e a sustentabilidade no manejo das pragas. Além disso, o uso combinado com outras técnicas, principalmente de controle biológico, considerado eixo central do MIP, pode aumentar a eficácia e a sustentabilidade no manejo das pragas-chave nas atividades agrossilvipastoris, evitando a erosão da biodiversidade e contribuindo fortemente para a conservação ambiental e da saúde dos produtores e consumidores de alimentos, condimentos e fibras.

Considerações finais

Em curculionídeos e tefritídeos pesquisas avaliaram mais o efeito de *B. bassiana*, do que o fungo *M. anisopliae*. Os resultados dessas publicações demonstraram a eficiência dos fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, dependente das doses adequadas, para a sua utilização como bioinseticida no controle biológico de espécies de gorgulhos e moscas-das-frutas. Nas famílias apresentadas as pesquisas se concentram em experimentos em laboratórios com alguns trabalhos em campo, necessitando-se mais pesquisas sob condições reais (campo) para demonstrar os efeitos dos fungos em condições ambientais naturais.

OBJETIVO GERAL

Avaliar em plantio comercial no cultivo da goiabeira, a ação de dois bioinseticidas registrados (Metarril® ingrediente ativo *Metarhizium anisopliae* e Boveril® ingrediente ativo *Beauveria bassiana*), no controle de espécies de moscas-das-frutas e do gorgulho-da-goiaba.

Objetivos específicos:

1. Comparar a eficiência de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* na mortalidade de adultos emergentes de *Anastrepha* spp. e *Conotrachelus psidii*.
2. Avaliar o impacto do número de aplicações dos fungos (uma, duas e três) na mortalidade de adultos emergentes de *Anastrepha* spp. e *Conotrachelus psidii*.

HIPÓTESES

- 1: Não há eficácia de mortalidade causada pelos dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre adultos emergentes de *Anastrepha* spp e de *Conotrachelus psidii*.

2: Há eficácia de mortalidade causada pelos dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre adultos emergentes de *Anastrepha* spp. e de *Conotrachelus psidii*.

3: Não há diferença no número de aplicações de fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre populações de adultos emergentes de *Anastrepha* spp. e *Conotrachelus psidii*.

4: Há diferença no número de aplicações de fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre populações de adultos emergentes de *Anastrepha* spp. e de *Conotrachelus psidii*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Raheem, M. A., Alghamdi, H. A., & Reyad, N. F. (2019). Virulence of fungal spores and silver nano-particles from entomopathogenic fungi on the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Curculionidae). *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 29, 97.
- Ahmed, R., & Freed, S. (2021). Virulence of *Beauveria bassiana* Balsamo to red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 31, 77.
- Ak, K. (2019). Efficacy of entomopathogenic fungi against the stored-grain pests, *Sitophilus granarius* L. and *S. oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 29, 12.
- Alagesan, A., Baskar, K., Muthukrishnan, S., Suganya, R., Natesh, R. K., & Prabhu, K. (2019). An assessment of biological control of the banana pseudostem weevil *Odoiporus longicollis* (Olivier) by entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101262.
- Aluja, M., Rull, J., & Vera, T. (2024). Fruit fly (*Tephritidae*) management in the Neotropical Region: History, State of the Art, and Perspectives. In *Management of Fruit Flies in the Americas* (pp. 11–66). Springer.
- Alves, S. B., Lopes, R. B., Vieira, S. A., & Tamai, M. A. (2008). Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In S. B. Alves & R. B. Lopes (Eds.), *Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios* (p. 414). FEALQ.
- Amobonye, A., Bhagwat, P., & Pillai, S. (2020). Potencial biotecnológico de *Beauveria bassiana* como fonte de novos biocatalisadores e metabólitos. *Critical Reviews in Biotechnology*, 40(7), 1019–1034.
- Arakere, U. C., Sravani, S. K., & Reddy, N. V. (2022). Microbial biopesticide as sustainable solution for management of pests: achievements and prospects. *Biopesticides*, 2, 183–200.
- Arthurs, S., & Dara, S. K. (2019). Global status of microbial control programs and practices. *Journal of Invertebrate Pathology*, 165(3).
- Athanassiou, C. G., Steenberg, T., & Kavallieratos, N. G. (2007). Insecticidal effect of diatomaceous earth applied alone or in combination with *Beauveria bassiana* and beta cyfluthrin against *Sitophilus granarius* on stored wheat (pp. 25–36).
- Azevedo, F. R., Alves, J. R., Silva, W. B. da, & Bezerra, A. R. (2016). Efeito do ensacamento sobre a incidência de moscas-das-frutas e na qualidade das goiabas. *Arquivos do Instituto Biológico*, 83, 1–8.
- Bailez, O. E., Dollinski, C., Lima, L. M. D., & Dolinski, C. (2003). Life-history of the guava weevil, *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae), under laboratory conditions. *Neotropical Entomology*, 32, 203–207.
- Baysal, E., Atay, T., & Yanar, Y. (2018). Efficacy of some local isolates of the fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin on the alfalfa weevil *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) larvae, under laboratory conditions. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 28, 65.
- Batta, Y. A. (2018). Efficacy of two species of entomopathogenic fungi against the stored-grain pest, *Sitophilus granarius* L. (Curculionidae: Coleoptera), via oral ingestion. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 28, 44.

- Behie, S. W., Zelisko, P. M., & Bidochka, M. J. (2012). Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. *Science*, 336(6088), 1576–1577.
- Bhadani, R. V., Shretha, D., Bhattarai, K. R., Ghimire, S., & Grewal, P. S. (2021). Metabolomics of extracellular compounds and parasitic enzymes of *Beauveria bassiana* associated with biological control of whiteflies (*Bemisia tabaci*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 176, 104877.
- Bisognin, M., Garcia, F. R. M., Nava, D. E., Piva, E., & Botton, M. (2013). Biologia da mosca-das-frutas sul-americana em frutos de mirtilo, amoreira-preta, araçazeiro e pitangueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(2), 141–147.
- Bissoli, G., Correia, A. C. B., & Barbosa, J. C. (2014). Seleção de fungos patogênicos para controle de larvas e pupas da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Científica*, 43, 338–345.
- Borges, A. L. (Ed.). (2022). *Boas práticas agrícolas para produção orgânica de goiaba*. Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Boscán De Martinez, N., & Cásares, R. (1980). El gorgojo de la guayaba *Conotrachelus psidii* Marshal (Coleoptera: Curculionidae). I. Evaluacion de daños. *Agronomía Tropical*, 30, 77–83.
- Bressan-Nascimento, S. (2001). Emergence and pupal mortality factors of *Anastrepha obliqua* (Macq.) (Diptera: Tephritidae) along the fruiting season of the host *Spondias dulcis* L. *Neotropical Entomology*, 30(2), 207–215. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X20010002000>
- Brito, E. S., Del Valle, E., Faria, M., Dolinski, C., Alves, L. F., & Moreira, M. A. (2008). Combining vegetable oil and sub-lethal concentrations of Imidacloprid with *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against adult guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae). *Biocontrol Science and Technology*, 18(7), 665–673.
- Brito, B. D., Días, R. N., Ramos, A. E., Reis, T. O., & Lopes, R. B. (2019). Amazonian isolates of *Metarhizium* are effective for killing *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae). *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 118–124.
- Brownbridge, M., & Glare, T. (2007). Impact of entomopathogenic fungi on soil-dwelling invertebrates (pp. 295–312).
- Brunner-Mendoza, C. M. del R., Arredondo-Bernal, H. C., & Hernández-Rodríguez, Y. (2019). A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico. *Biocontrol Science and Technology*, 29, 83–102.
- Carrillo, C. A. D., Kendra, P. E., Meagher, R. L., & Niogret, J. (2015). Entomopathogenic fungi as biological control agents for the vector of the laurel wilt disease, the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control*, 81, 44–50.
- Carswell, I., Pekin, H. B., & Milner, R. J. (1998). Laboratory susceptibility of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) and *Bactrocera tryoni* (Frogatt) (Diptera: Tephritidae) to an isolate of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. *Australian Journal of Entomology*, 37, 281–284.
- Castrillo, L. A., Vandenberg, J. D., & Long, D. S. (2011). Virulence of commercial strains of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum* (Ascomycota: Hypocreales) against adult *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Curculionidae) and impact on brood. *Biological Control*, 58(2), 121–126.

- Chaneiko, S. M., Nava, D. E., Pires, L. A., Delalibera Júnior, I., & Garcia, F. R. M. (2019). Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) and Effects on Adult Longevity. *Journal of Agricultural Science*, 11(16), 132.
- Chergui, S., Benyamina, A., Doumandji, S., & Boughrara, M. (2020). Pathogenicity of indigenous *Beauveria bassiana* (Balsamo) against *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 30, 128.
- Chikhanis, G. G., Sakka M. K., & Athanassiou, C. G. (2018). Efficacy of *Beauveria bassiana* in combination with an electrostatically charged dust for the control of major stored-product beetle species on concrete. *Journal of Stored Products Research*, 79, 139–143.
- Cognitive Market Research. (2025). *Guava Market Report 2025*. <https://www.cognitivemarketresearch.com/guava-market-report>
- Conab. (2023). *Boletim Hortigranjeiro*. Recuperado de www.conab.gov.br
- Correa, L. C., Santos, C. A. F., & Lima, G. P. P. (2012). Chemical and biochemical characterization of guava and araca fruits from different regions of Brazil. *Acta Horticulturae*, 959, 103–109.
- Costa, G. M. M. (2011). *Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides (Hymenoptera: Braconidae), em pomares domésticos, nos municípios de Apodi e Baraúna, Rio Grande do Norte [Tese de Doutorado]*. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.
- Cossentine, H., Jürgens, T., & Shishiyama, S. (2010). Susceptibility of preimaginal western cherry fruit fly, *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae) to *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin Clavicipitaceae (Hypocreales). *Journal of Invertebrate Pathology*, 104(2), 105–109.
- Daniel, C., & Wyss, E. (2009). Susceptibility of different life stages of the European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*, to entomopathogenic fungi. *Journal of Applied Entomology*, 133, 473–483.
- Daniel, C., & Wyss, E. (2010). Field applications of *Beauveria bassiana* to control the European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi*. *Journal of Applied Entomology*, 134, 675–681.
- De la Rosa, W., Lopez, F. L., & Liedo, P. (2002). *Beauveria bassiana* as a pathogen of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 36–43.
- Del Valle, E. E., Dolinski, C., Souza, R. M., & Samuels, R. I. (2005). Performance de *Heterorhabditis baujardi* LPP7 (28) (Nematoda: Rhabditida) selecionada para tolerância a elevadas no controle de *Conotrachelus psidii*, (Coleoptera: Curculionidae). *Nematologia Brasileira*, 29, 199–205.
- Delgado-Ochica, Y., & Saenz Aponte, A. (2012). Virulence, production and dispersal of entomo-pathogenic nematodes to larvae of the guava weevil *Conotrachelus psidii* Marshall: (Coleoptera: Curculionidae) in the laboratory. *Universitas Scientiarum*, 17(3), 283–290.
- Dembilio, Ó., Llácer, J., Barragán, A., & Peris, F. (2019). Análisis de las hormonas vegetales como método eficaz para la detección precoz de "*Rhynchophorus ferrugineus*" (Coleoptera: Curculionidae). *Agrícola Vergel*, 420, 171–177.
- Dembilio, Ó., Llácer, J., Martínez-Ferrer, M. L., & Téllez, E. (2010). Potential of an indigenous strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as a biological control agent

- against the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 104(3), 214–221.
- Denholm, I., & Rolland, M. W. (1992). Tactics for managing pesticide resistance in arthropods: theory and practice. *Annual Review of Entomology*, 37, 92–112.
- Destéfano, R. H. R., Lopes, R. B., Milani, R. B., & Sano, H. (2005). Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* against immature stages of *Anastrepha fraterculus* fruitfly (Diptera: Tephritidae). *Brazilian Journal of Microbiology*, 36(1), 94–99.
- Dias, N. P., Dias, A. B., Alves, P. P., & Delalibera Júnior, I. (2018). Fruit fly management research: a systematic review of monitoring and control tactics in the world. *Crop Protection*, 112, 187–200.
- Dias, P. M., Loureiro, E. S.; Pessoa, L. G. A.; Devos, G. L. R.; Barbosa Junior, G. B.; Werner, A. M.; Navarrete, A. A.; Teodoro, P. E. (2019). Interactions between Fungal-Infected *Helicoverpa armigera* and the Predator *Chrysoperla externa*. *Insects*, 10, 1–11.
- Dias, P. M., Loureiro, E. S.; Pessoa, L. G. A.; Devos, G. L. R.; Barbosa Junior, G. B.; Werner, A. M.; Navarrete, A. A.; Teodoro, P. E. (2020). Selectivity of Entomopathogenic Fungi to *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Insects*, 11, 1–14.
- Díaz-de-Cerio, E., Iriarte-Mata, G., & Palacios-López, J. P. (2017). Health effects of *Psidium guajava* L. leaves: an overview of the last decade. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(4). <https://doi.org/10.3390/ijms18040897>
- Díaz-Ordaz, H. N., Perez, N., & Toledo, J. (2010). Patogenicidad de tres cepas de hongos entomopatógenos a adultos de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae) en condiciones de laboratorio. *Acta Zool. Mex*, 26(3), 481–494.
- Dimbi, S., Maniania, N. K., & Ekesi, S. (2003). Host species, age and sex as factors affecting the susceptibility of the African Tephritid fruit fly species, *Ceratitis capitata*, *C. cosyra* and *C. fasciventris* to infection by *Metarhizium anisopliae*. *Anzeiger für Schädlingkunde = Journal of Pest Science*, 76, 113–117.
- Ding, J.-L., Li, Y., Jiang, P., Zhang, T., Xin, Y., Zhao, Y., ... & Luo, S. (2023). The Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Employs Autophagy as a Persistence and Recovery Mechanism during Conidial Dormancy. *mBio*, 14(2).
- Dolinski, C. (2003). Development and establishment of integrated pest management strategies on guava orchards in the North/Northeast of Rio de Janeiro State, Brazil. In J. Saul (Ed.), *Memoria Primer Simposio Internacional de la Guayaba* (pp. 230–232).
- Dolinski, C., Del Valle, E. E., Ribeiro, J. P., Souza, T. S., Almeida, A., Machado, I. R., Oliveira, L. M. G., & Cardoso, E. C. S. (2003). Studies on the entomopathogenic nematodes for the control of the guava-weevil (*Conotrachelus psidii*) in the North and Northeast regions of the state of Rio de Janeiro, Brazil. In C. Dolinski (Ed.), *Proc. Latin American Symposium Entomopathogenic Fungi and Nematodes* (p. 36).
- Dolinski, C., & Lancelo, L. (2007). Microbial control of arthropod pests of tropical tree fruits. *Neotropical Entomology*, 36(2), 161–179.
- Dolinski, C., Valle, E. D., & Stuart, R. J. (2006). Virulence of entomopathogenic nematodes to larvae of the guava weevil, *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae), in laboratory and greenhouse experiments. *Biological Control*, 38(3), 422–427.
- El Hussein, M. M. M. (2019). Management of the Egyptian alfalfa weevil, *Hypera brunneipennis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae), in the alfalfa, *Medicago sativa* L., using the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 29, 82.

- Fancelli, M., Dembilio, Ó., Del Campo, J. A., Pérez, P., & López, M. L. (2013). *Beauveria bassiana* Strains for Biological Control of *Cosmopolites sordidus* (Germ.) (Coleoptera: Curculionidae) in Plantain. *BioMed Research International*, 2013, 184756.
- Faria, M., Jaronski, S., Delalibera Júnior, I., Valadares-Inglis, M. C., & Polanczyk, R. A. (2015). Conidial vigor vs. viability as predictors of virulence of entomopathogenic fungi. *Journal of Invertebrate Pathology*, 125, 68–72.
- Fehlberg, I., Silva, P. J., Campos, A., Alves, D. S., & Kaiser, S. J. (2023). A new C-methyl-flavone and other compounds from *Myrcia guianensis*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 106, 104566.
- Fernández-Bravo, M., Téllez, E., Delbó, R., & Quesada-Moraga, E. (2017). UV-B radiation-related effects on conidial inactivation and virulence against *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera; Tephritidae) of phylloplane and soil *Metarhizium* sp. strains. *Journal of Invertebrate Pathology*, 148, 142–151.
- Flores, S., Campos, S., Villaseñor, A., Vale, A., Enkerlin, W., Toledo, J., Liedo, P., & Montoya, P. (2013). Sterile males of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) as disseminators of *Beauveria bassiana* conidia for IPM strategies. *Biocontrol Science and Technology*, 23(10), 1186–1198.
- Fontes, E. M. G., & Valadares-Inglis, M. C. (Eds.). (2020). *Controle biológico de pragas da agricultura*. Embrapa.
- Fuentes, L. M. H., Vildozola, A. C., & Urías-López, M. A. (2017). Weevil borers in tropical fruit crops: importance, biology and management. In V. D. C. Shields (Ed.), *Insect Physiology and Ecology*.
- Gallo, D., et al. (2002). *Entomologia Agrícola*. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz.
- Gould, W. P., & Raga, A. (2002). Pests of guava. In J. E. Peña, J. L. Sharp, & M. Wysoki (Eds.), *Tropical fruit pests and pollinators: Biology, economic importance, natural enemies and control* (pp. 295–313). CAB International.
- Grové, T., de Klerk, C., & Fourie, J. (2019). Fruit flies (Diptera: Tephritidae) and *Thaumatotibia leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) associated with fruit of the family Myrtaceae Juss, South Africa. *Crop Protection*, 123, 84–92.
- Hamzah, A. M., Ariff, M. B., Alshahrani, A. A., & Al-Amer, M. (2021). Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales) against *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) under controlled and open-field conditions on bitter melon. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 31, 144.
- Hansen, L. S., & Steenberg, T. (2007). Combining larval parasitoids and an entomopathogenic fungus for biological control of *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) in stored grain. *Biological Control*, 40(2), 237–242.
- Heve, W. K., El-Borai, F. E., Carrillo, D., & Duncan, L. W. (2017). Biological control potential of entomopathogenic nematodes for management of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* Loew (Tephritidae). *Pest management science*, 73(6), 1220–1228. <https://doi.org/10.1002/ps.4447>
- Imoulán, A., & Elmeziane, A. (2014). Pathogenicity of *Beauveria bassiana* isolated from Moroccan Argan forests soil against larvae of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in laboratory conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30, 959–965.

- Insuasty, O., Monroy, R., Diaz, A., & Bautista, J. (2007). *Manejo integrado del picudo de la guayaba Conotrachelus psidii Marshall en Santander* (27 p.). Corpoica, ICA, Secretaría de Agricultura y Desarrollo de Santander.
- Insuasty, O., Monroy, R., Díaz, A., & Bautista, J. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la guayaba (Psidium guajava L.) en Santander*. Corpoica-ICA Imprenta nacional de Colombia.
- Iqbal, M., Gogi, M. D., Atta, B., Nisar, M. J., Arif, M. J., & Javed, N. (2021). Assessment of pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Verticillium lecanii* and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* against *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) via diet-bioassay technique under controlled conditions. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41, 1129–1145.
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., Tayyab, M., Noman, A., Nisar, M. S., Khan, K. A., & Ali, H. (2021). Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, 159, 105122.
- Jaber, L. R., & Enkerli, J. J. (2017). Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? *Biocontrol Science and Technology*, 27, 28–41.
- Jiménez-Escrig, A., Rincón, M., Pulido, R., & Saura-Calixto, F. (2001). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5489–5493.
- Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Aountala, M. M., & Kontodimas, D. C. (2014). Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* for control of *Sitophilus oryzae*. *Journal of Food Protection*, 77(1), 87–93.
- Kershaw, M. J., Moorhouse, E. R., Bateman, R., Reynolds, S. E., & Charnley, A. K. (1999). The Role of destruxins in the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for three species of insect. *Journal of Invertebrate Pathology*, 74(3), 213–223.
- Khan, N., Shreaz, S., Bhatia, R., Ahmad, S. I., Muralidhar, S., Manzoor, N., & Khan, L. A. (2012). Anticandidal activity of curcumin and methyl cinnamaldehyde. *Fitoterapia*, 83(3), 434–440.
- Khun, K. K., Ash, G. J., Stevens, M. M., Huwer, R. K., & Wilson, B. A. L. (2020). Response of the macadamia seed weevil *Kuschelorrhynchus macadamiae* (Coleoptera: Curculionidae) to *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in laboratory bioassays. *Journal of Invertebrate Pathology*, 174, 107437.
- Khun, K. K., Ash, G. J., Stevens, M. M., Huwer, R. K., & Wilson, B. A. L. (2021). Transmission of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to adults of *Kuschelorrhynchus macadamiae* (Coleoptera: Curculionidae) from infected adults and conidiated cadavers. *Scientific Reports*, 11, 2188.
- Kumar, M., Kapoor, S., Dhumal, S., Tkaczewska, J., Changan, S., Saurabh, V., Mekhemar, M., Radha, Rais, N., Satankar, V., Pandiselvam, R., Sayed, A. A. S., Senapathy, M., Anitha, T., Singh, S., Tomar, M., Dey, A., Zengin, G., Amarowicz, R., & Jyoti Bhuyan, D. (2022). Guava (*Psidium guajava* L.) seed: A low-volume, high-value byproduct for human health and the food industry. *Food Chemistry*, 386, 132694.
- Kumar, S., Singh, A., Yadav, A., Bajpai, A., Singh, N. K., Rajan, S., Trivedi, M., & M, M. (2023). Identification and validation of novel genomic SSR markers for molecular characterization of guava (*Psidium guajava* L.). *South African Journal of Botany*, 155, 79–89.

- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1–41.
- Lalík, M., Galko, J., Nikolov, C., Rell, S., Kunca, A., Zúbrik, M., Hyblerova, S., Barta, M., & Holusa, J. (2021). Potential of *Beauveria bassiana* application via a carrier to control the large pine weevil. *Crop Protection*, 143, 1–12.
- Leadmon, C. E., Sampson, J. K., Maust, M. D., Macias, A. M., Rehner, S. A., Kasson, M. T., & Panaccione, D. G. (2020). Several *Metarhizium* species produce ergot alkaloids in a condition-specific manner. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(10), e00373-20.
- Lezama-Gutiérrez, R., Trujillo-de la Luz, A., Molina-Ochoa, J., Rebolledo-Dominguez, O., Pescador, A. R., López-Edwards, M., & Aluja, M. (2000). Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae): laboratory and field trials. *Journal of Economic Entomology*, 93(4), 1080–1084.
- Licona-Juárez, K. C., Andrade, E. P., Medina, H. R., Oliveira, J. N. S., Sosa-Gómez, D. R., & Rangel, D. E. N. (2023). Tolerance to UV-B radiation of the entomopathogenic fungus *Metarhizium rileyi*. *Fungal biology*, 127(7-8), 1250–1258. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2023.04.004>
- Lima, R. D. S., Ferreira, S. R. S., Vitali, L., & Block, J. M. (2019) May the superfruit red guava and its processing waste be a potential ingredient in functional foods? *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 115, 451–459.
- Litwin, A., Nowak, M., & Rosalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 19, 23–42.
- Loureiro, E. S., Dias, P. M., Pessoa, L. G. A., Amaral, T. S. do., Pessoa, M. B., Gregori, G. S., Rodrigues, A. S., & Godoy, M. S. (2024). Virulence of entomopathogenic fungi in larvae of Lepidoptera: Noctuidae. *Revista Caatinga*, 37, e12375.
- Loureiro, E. S., & Moino Júnior, A. (2008). Consumption of *Aphis gossypii* Glover, 1877 and *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) infected with entomopathogenic fungi by *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera, Anthocoridae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 75, 497–504.
- Louzeiro, L. R. F., Souza Filho, M. F., Raga, A., & Gislotti, L. J. (2021). Incidence of frugivorous flies (Tephritidae and Lonchaeidae), fruit losses and the dispersal of flies through the transportation of fresh fruit. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(1), 50–60.
- Machado, E. P., Souza, E. V., Dias, G. S., Sacilotto, M. G., & Omoto, C. (2024). Is insecticide resistance a factor contributing to the increasing problems with *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazil? *Pest Management Science*, 80, 5120–5130.
- Machado da Rosa, J., Carissimi Boff, M. I., Zanelato Nunes, M., Agostinetto, L., & Boff, P. (2015). Damage caused by *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) to the fruits of feijoa (*Acca sellowiana*). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(1), 12–17.
- Madalon, F. Z., Prezotti, L., Meneghelli, C. M., Carvalho, J. R. de, Pirovani, V. D., Madalon, R. Z., Maciel, K. S., Lauvers, G. S., Correa, J. M., & Mellere, J. G. B. (2017). Populational dynamics of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in guava orchards in the Northwest region of Espírito Santo, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, 12(38), 2851–2857.
- Mahmoud, M. F. (2009). Pathogenicity of three commercial products of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Lecanicillium lecanii* against adults of olive fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) in the laboratory. *Plant Protection Science*, 45(3), 98–102.

- Malavasi, A., Zucchi, R. A., & Sugayama, R. L. (2000). Biogeografia. In A. Malavasi & R. A. Zucchi (Eds.), *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado* (pp. 93–98). Holos.
- Maniania, N. K., Ekesi, S., & Dolinski, C. (2017). Entomopathogens Routinely Used in Pest Control Strategies: Orchards in Tropical Climate. In L. A. Lacey (Ed.), *Microbial Control of Insect and Mite Pests* (pp. 269–282). Academic Press.
- Martins, A. B. G., Natale, W., Watanabe, H. S., Silva, A. C. C., & Cavallari, L. L. (2011). Goiaba. *Revista Informe Agropecuário*, 32, 63–72.
- Martins, D. dos S., Fornazier, M. L., Uramoto, K., Guimarães, J. A., Ferreira, P. S. F., Ventura, J. A., Guarçoni, R. C., Culik, M. P., Zanuncio Junior, J. S., & Fornazier, M. J. (2024). Moscas frugívoras (Diptera: Tephritidae; Lonchaeidae) associadas à goiabeira: diversidade de espécies, parasitóides e flutuação populacional no estado do Espírito Santo, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 54, e77329.
- Martínez-Barrera, O. Y., Toledo, J., Cancino, J., Liedo, P., Gómez, J., Valle-Mora, J., & Montoya, P. (2020). Interaction between *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) and *Coptera haywardi* (Hymenoptera: Diapriidae) for the management of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Science*, 20(2), 1-6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa010>
- Marsaro Júnior, A., Deus, E., Ronchi-Teles, B., Adaime, R., & Silva Júnior, R. (2013). Species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) captured in a guava orchard (*Psidium guajava* L., Myrtaceae) in Boa Vista, Roraima, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 73(4), 879–886.
- Mbata, G. N., Ivey, C., & Shapiro-Ilan, D. (2018). The potential for using entomopathogenic nematodes and fungi in the management of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control*, 125, 39–43.
- Mitra, S. K., Irineu, T. K. S., Gurung, M. R., & Pathak, P. K. (2012). Taxonomy and importance of Myrtaceae. In *III International Symposium on Guava and Other Myrtaceae* (pp. 23–34).
- Molla, M. M., Sabuz, A. A., Khan, M. H., Chowdhury, M. G. F., Miaruddin, M., Alam, M., & Khatun, A. (2022). Effect of Honey and Lemon Juice on the Physicochemical, Nutritional, Microbial and Antioxidant Properties of Guava–Pineapple Jelly During Storage Periods. *Discover Food*, 2(1), 31–30.
- Mondal, S. S., Baksi, S., Koris, A., & Vatai, G. (2016). Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(2), 85–99.
- Mongkolsamrit, S., Khonsanit, A., Thanakitpipattana, D., Tasanathai, K., Noisripoom, W., Lamlertthon, S., Himaman, W., Houbraken, J., Samson, R. A., & Luangsa-Ard, J. (2020). Revisiting *Metarhizium* and the description of new species from Thailand. *Studies in Mycology*, 95, 171–251.
- Monroy, E., & Insuasty, O. (2006). Aspectos biológicos y duración de los estadios del picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii*. *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 73–79.
- Monroy, R., & Insuasty, O. (2006). Biología del Picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii* (Marshall) [Biology of guava weevil *Conotrachelus psidii* (Marshall)] (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7, 73–79.
- Montes, R. M., Parent, L. É., Amorim, D. A. de., Rozane, D. E., Parent, S.-É., Natale, W., & Modesto, V. C. (2016). Nitrogen and Potassium Fertilization in a Guava Orchard Evaluated

- for Five Cycles: Soil Cationic Balance. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 40. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20140533>
- Moonjely, S., Barelli, L., & Bidochka, M. J. (2016). Insect pathogenic fungi as endophytes. *Advances in Genetics*, 94, 107–135.
- Musa, K. H., Abdullah, A., Jusoh, K., & Subramaniam, V. (2011). Antioxidant activity of pink-flesh guava (*Psidium guajava* L.): effect of extraction techniques and solvents. *Food Analytical Methods*, 4(1), 100–107.
- Navarro-Llopis, V., Ayala, I., Sanchis, J., Primo, J., & Moya, P. (2015). Field Efficacy of a *Metarhizium anisopliae*-Based Attractant-Contaminant Device to Control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(4), 1570–1578.
- Nicácio, J. N., & Uchoa, M. A. (2011). Diversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) and their relationship with host plants (Angiospermae) in environments of South Pantanal Region, Brazil. *Florida Entomologist*, 94, 443–466.
- Nisar, M. J., et al. (2019). Susceptibility of *Rhagoletis suavis* Maggots to Entomopathogenic Fungi. *Southwestern Entomologist*, 44(2), 431–436.
- Oliveira, I., Loureiro, E. de S., Oliveira, I. S. T. de, Uchoa, M. A. F., Fernandes, M. G., & Maestre, M. R. (2023). Eficiência do controle microbiológico do gorgulho-da-goiaba em campo. In *ENIC*.
- Ondiaka, S., Maniania, N. K., Nyamasyo, G. H. N., & Nderitu, J. H. (2008). Virulence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to sweet potato weevil *Cylas puncticollis* and effects on fecundity and egg viability. *Annals of Applied Biology*, 153, 41–48.
- Onsongo, S. K., Gichimu, B. M., Akutse, K. S., Dubois, T., & Mohamed, S. A. (2019). Performance of Three Isolates of *Metarhizium anisopliae* and Their Virulence against *Zeugodacus cucurbitae* under Different Temperature Regimes, with Global Extrapolation of Their Efficiency. *Insects*, 10(9), 270.
- Orduño-Cruz, N., Guzmán-Franco, A. W., Rodríguez-Leyva, E., López-Collado, J., Valdéz-Carrasco, J. M., & Mora-Aguilera, G. (2011). Susceptibility of the cactus weevil *Metamasius spinolae* to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* under laboratory and field conditions. *Journal of Applied Microbiology*, 111(4), 939–948.
- Ortiz-Urquiza, A., Garrido-Jurado, I., Borrego, A., & Quesada-Moraga, E. (2010). Effects of cultural conditions on fungal biomass, blastospore yields and toxicity of fungal secreted proteins in batch cultures of *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales). *Pest management science*, 66(7), 725–735. <https://doi.org/10.1002/ps.1934>
- Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2013). Action on the surface: Entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects*, 4(3), 357–374.
- Ortiz-Urquiza, A., Luo, Z., & Keyhani, N. O. (2015). Improving mycoinsecticides for insect biological control. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(3), 1057–1068.
- Osorio-Fajardo, A., & Canal, N. A. (2011). Selección de Cepas de Hongos Entomopatógenos para el Manejo de *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) (Diptera: Tephritidae) en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6129–6139.
- Papadopoulos, N. T., De Meyer, M., Terblanche, J. S., & Kriticos, D. J. (2024). Fruit flies: challenges and opportunities to stem the tide of global invasions. *Annual Review of Entomology*, 69, 355–373.

- Parra, J. R. P. (2023). Biological Control in Brazil: state of art and perspectives. *Scientia Agricola*, 80, e20230080.
- Pava-Ripoll, M., Posada, F. J., Momen, B., Wang, C., & St Leger, R. (2008). Increased pathogenicity against coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) by *Metarhizium anisopliae* expressing the scorpion toxin (AaIT) gene. *Journal of Invertebrate Pathology*, 99(2), 220–226. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.05.004>
- Peng, G., Xie, J., Guo, R., Keyhani, N.O., Zeng, D., Yang, P., & Xia, Y. (2021). Long-term field evaluation and large-scale application of a *Metarhizium anisopliae* strain for controlling major rice pests. *Journal of Pest Science*, 94, 969–980.
- Pinchao, E. C., & Muñoz, A. C. (2019). Mapping the spatial distribution of *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae): Factors associated with the aggregation of damage. *Neotropical Entomology*, 48, 678–691.
- Polanczyk, R. A., Pratissoli, D., Dalvi, L. P., Grecco, E. D., & Franco, C. R. (2010). Efeito de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin nos parâmetros biológicos de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 34(6), 1412–1416.
- Portilla, M., Luttrell, R., Snodgrass, G., Zhu, Y. C., & Riddick, E. (2017). Lethality of the entomogenous fungus *Beauveria bassiana* strain NI8 on *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) and its possible impact on beneficial arthropods. *Journal of Entomological Science*, 52(4), 352–369.
- Potrich, M., Alves, L. F. A., Haas, J., Silva, E. R. L. da, Daros, A., Pietrowski, V., Neves, P. M. O. J. (2009). Seletividade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomology*, 38(6), 822–826.
- Presa-Parra, E., Hernández-Rosas, F., Bernal, J. S., Valenzuela-González, J. E., Martínez-Tlapa, J., & Birke, A. (2021). Impact of *Metarhizium robertsii* on Adults of the Parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* and Parasitized *Anastrepha ludens* Larvae. *Insects*, 12(2), 125.
- Qasim, M., Islam, S. U., Islam, W., Noman, A., Khan, K. A., Hafeez, M., Hussain, D., Dash, C. K., Bamisile, B. S., Akutse, K. S., Rizwan, M., Nisar, M. S., Jan, S., & Wang, L. (2020). Characterization of mycotoxins from entomopathogenic fungi (*Cordyceps fumosorosea*) and their toxic effects to the development of asian citrus psyllid reared on healthy and diseased citrus plants. *Toxicon*, 188, 39–47.
- Qayyum, M. A., Saleem, M. A., Saeed, S., Wakil, W., Ishtiaq, M., Ashraf, W., Ahmed, N., Ali, M., Ikram, R. M., Yasin, M., Maqsood, S., Kiran, S., Qaiser, M. F., Ayaz, R. A., Nawaz, M. Z., Abid, A. D., Khan, K. A., & Alamri, S. A. (2020). Integration of entomopathogenic fungi and eco-friendly insecticides for management of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(7), 1811–1817.
- Queiroz de Oliveira, F., De Luna Batista, J., Bruno Malaquias, J., Almeida, D. M., & De Oliveira, R. (2010). Determination of the median lethal concentration (LC₅₀) of mycoinsecticides for the control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2), 213–216.
- Quesada-Moraga, E., Ruiz-García, A., & Santiago-Alvarez, C. (2006). Laboratory Evaluation of Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* Against Puparia and Adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 99(6), 1955–1966.

- Rabea, E. I., Nasr, H. M., Badawy, M. E., & El-Gendy, I. R. (2015). Toxicity of naturally occurring Bio-fly and chitosan compounds to control the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann). *Natural Product Research*, 29(5), 460–465.
- Renkema, J. M., Cutler, G. C., Sproule, J. M., & Johnson, D. L. (2020). Effect of *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitaceae) on *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) pupae and adults. *The Canadian Entomologist*, 152(2), 237–248.
- Ríos-Moreno, A., Garrido-Jurado, I., Resquín-Romero, G., Arroyo-Manzanares, N., Arce, L., & Quesada-Moraga, E. (2016). Destruxin A production by *Metarhizium brunneum* strains during transient endophytic colonisation of *Solanum tuberosum*. *Biocontrol Science and Technology*, 26(11), 1574–1585.
- Rohrlich, C., Merle, I., Mze Hassani, I., Verger, M., Zuin, M., Besse, S., Robène, I., Nibouche, S., & Costet, L. (2018). Variation in physiological host range in three strains of two species of the entomopathogenic fungus *Beauveria*. *PloS One*, 13(7), e0199199.
- Rojas, V. M. A., Iwanicki, N. S. A., D'Alessandro, C. P., Faretto, M. B., Demétrio, C. G. B., & Delalibera, I., Jr (2023). Characterization of brazilian *Cordyceps fumosorosea* isolates: Conidial production, tolerance to ultraviolet-B radiation, and elevated temperature. *Journal of Invertebrate Pathology*, 197, 107888.
- Romero-Frías, A., Murata, Y., Simões Bento, J. M., & Osorio, C. (2016). (1R,2S,6R)-Papayanal: A new male-specific volatile compound released by the guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 80(5), 848–855.
- Romero-Frías, A., Simões Bento, J. M., & Osório, C. (2015). Chemical signaling between guava (*Psidium guajava* L., Myrtaceae) and the guava weevil (*Conotrachelus psidii* Marshall). *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 11(1), 102–113.
- Rossoni, C., Kassab, S. O., Loureiro, E. S., Pereira, F. F., Costa, D. P., Barbosa, R. H., & Zanuncio, J. C. (2014). *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) are compatible with *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Florida Entomologist*, 97, 1794–1804.
- Rozane, D. E., Oliveira, D. A., & Lírío, V. S. (2003). Importância econômica da cultura da goiabeira. In D. E. Rozane & F. A. D. Couto (Eds.), *Cultura da goiabeira: Tecnologia e mercado* (pp. 1–20). UFV.
- Sá, V. A., & Silva, L. B. (2011). Infestação de *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae) em frutos de goiaba, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae), em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista de Biologia e Farmácia*, 6, 123–128.
- Salas-Araiza, M. D., & Romero-Nápoles, J. (2012). Species of *Conotrachelus* (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) associated to the guava and new species description. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(1), 124–127.
- Sánchez-Pérez, L. C., Barranco-Florido, J. E., Rodríguez-Navarro, S., Cervantes-Mayagoitia, J. F., & Ramos-López, M. Á. (2014). Enzymes of entomopathogenic fungi, advances and insights. *Advances in Enzyme Research*, 2, 65–76.
- Sánchez-Roblero D., Huerta-Palacios G., Valle J., Gómez J. & Toledo J. (2012). Effect of *Beauveria bassiana* on the ovarian development and reproductive potential of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *Biocontrol Science and Technology*, 22(9), 1075–1091.
- San Andrés, V., Ayala, I., Abad, M. C., Primo, J., Castañera, P., & Moya, P. (2014). Laboratory evaluation of the compatibility of a new attractant contaminant device containing

- Metarhizium anisopliae* with *Ceratitis capitata* sterile males. *Biological Control*, 72, 54–61.
- Saldanha, M. A., Walker, C., Quevedo, A. C., Pedron, L., Muniz, M. F. B., & Costa, E. C. (2022). Caracterização morfofisiológica de fungos entomopatogênicos. *Acta Biológica Catarinense*, 9(1), 87–96. <https://doi.org/10.5902/1980509849227>
- Silva, A. C. (2009). *Potencial de nematóides entomopatogênicos para o controle da mosca-do-mediterrâneo Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) e do gorgulho-da-goiaba *Conotrachelus psidii* (Marshall) (Coleoptera: Curculionidae) [Dissertação de Mestrado]. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.
- Silva-Filho, G., Bailez, O. E., & Viana-Bailez, A. M. (2007). Dimorfismo sexual do gorgulho-da-goiaba *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 36(4), 520–524.
- Simi, L. D., Leite, L. G., Trevisan, O., Costa, J. N. M., Oliveira, L. E., Schmidt, F. S., Bueno, R. N. da S., & Filho, A. B. (2018). Mortality of *Conotrachelus humeropictus* in response to combined application of the nematode *Steinernema brazilense* and the fungus *Beauveria bassiana*. *Arquivos do Instituto Biológico*, 85, e0092016.
- Soliman, N. A., Al-amin, S. M., Mesbah, A. E., Ibrahim, A. M. A., & Mahmoud, A. M. A. (2020). Pathogenicity of three entomopathogenic fungi against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 30, 49.
- Sookar, P., Bhagwant, S., & Ouna, E. A. (2008). Isolation of entomopathogenic fungi from the soil and their pathogenicity to two fruit fly species (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, 132(9–10), 778–788.
- Sookar, P., Bhagwant, S., & Allymamod, M. N. (2014). Effect of *Metarhizium anisopliae* on the fertility and fecundity of two species of fruit flies and horizontal transmission of mycotic infection. *Journal of Insect Science*, 14, 100.
- Souza, J. C., Haga, A., & Souza, M. A. (2003). *Pragas da goiabeira*. EPAMIG.
- Toledo, J., Campos, S. E., Flores, S., Liedo, P., Barrera, J. F., Villaseñor, A., & Montoya, P. (2007). Horizontal Transmission of *Beauveria bassiana* in *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) Under Laboratory and Field Cage Conditions. *Journal of Economic Entomology*, 100(2), 291–297.
- Toledo, J., Flores, S., Campos, S., Villaseñor, A., Enkerlin, W., Liedo, P., Valle, Á., & Montoya, P. (2017). Pathogenicity of three formulations of *Beauveria bassiana* and efficacy of autoinoculation devices and sterile fruit fly males for dissemination of conidia for the control of *Ceratitis capitata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 164(3), 340–349.
- Tuncer, C., Kushiyevev, R., Erper, I., Ozdemir, I. O., & Saruhan, I. (2019). Efficacy of native isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against the invasive ambrosia beetle, *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 29, 28, 2-6.
- Uchoa, M. A. F., Oliveira, I. D., Molina, R., & Zucchi, R. A. (2003). Biodiversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritoidea) captured in citrus groves, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Neotropical Entomology*, 32(2), 239–246.
- Uchoa, M. A. (2012). Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): Biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control. In M. L. Larramendy & S. Soloneski (Eds.),

- Integrated Pest Management and Pest Control: Current and Future Tactics* (pp. 271–300). InTech.
- Ullah, M. I., Altaf, N., Afzal, M., Arshad, M., Mehmood, N., Riaz, M., Majeed, S., Ali, S., & Abdullah, A. (2019). Effects of entomopathogenic fungi on the biology of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) and its reduviid predator, *Rhynocoris marginatus* (Heteroptera: Reduviidae). *International Journal of Insect Science*, 11, 1–7.
- Usman, M., Wakil, W., Piñero, J. C., Wu, S., Toews, M. D., & Shapiro-Ilan, D. I. (2021). Evaluation of Locally Isolated Entomopathogenic Fungi against Multiple Life Stages of *Bactrocera zonata* and *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae): Laboratory and Field Study. *Microorganisms*, 9(8), 1791.
- Valente, F. I., & Benassi, V. L. R. M. (2014). Aspectos biológicos e técnica de criação do gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(2), 339–345.
- Vontas, J., Hernández-Crespo, P., Margaritopoulos, J. T., Ortego, F., Feng, H.-T., Mathiopoulou, K. D., & Hsu, J.-C. (2011). Insecticide resistance in Tephritid flies. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(3), 199–205.
- Wakil, W., Kavallieratos, N. G., Ghazanfar, M. U., Usman, M., Habib, A., & Elshafie, H. (2021). Efficacy of different entomopathogenic fungal isolates against four key stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research*, 93, 101845.
- Wang, C., Liang, Q., & Chen, M. (2021). Susceptibility of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) pupae to entomopathogenic fungi. *Applied Entomology and Zoology*, 56, 269–275.
- Wang, C., & Wang, S. (2017). Insect Pathogenic Fungi: Genomics, Molecular Interactions, and Genetic Improvements. *Annual Review of Entomology*, 62, 73–90.
- Wilson, W. M., Ibarra, J. E., Oropeza, A., Hernández, M. A., Toledo-Hernández, R. A., & Toledo, J. (2017). Infection of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) adults during emergence from soil treated with *Beauveria bassiana* under various texture, humidity, and temperature conditions. *Florida Entomologist*, 100(3), 503.
- Worku, L. A., Zebeaman, M., Bachheti, R. K., Bachheti, A., Rawat, Y. S., Husen, A., & Shiferaw, R. G. (2024). Ethnomedical Use, Phytochemistry, Nutritional Profile, Commercial Potential, and Other Potential Applications of *Psidium guajava* (Guava). *Journal of Food Quality*, 2024, 1–15.
- Wright, S. P., Galaini-Wright, S., Howes, R. L., Castrillo, L. A., Griggs, M. H., Carruthers, R. I., Smith, R. H., Matsumoto, T. K., & Keith, L. M. (2021). Efficacy of *Beauveria bassiana* strain GHA spray applications against coffee berry borer *Hypothenemus hampei* on Hawai's Island. *Biological Control*, 161, 104587.
- Yasin, M., Wakil, W., Qayyum, M. A., Ali, S., Sajjad, A., Aqueel, M. A., & Shakeel, M. (2021). Biocontrol potential of entomopathogenic fungi, nematodes and bacteria against *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 31, 138.
- Yee, W. L. (2020). Laboratory evaluation of CX-10282 containing *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) strain GHA against adult *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae). *Phytoparasitica*, 48, 231–245.
- Yucel, B., Gozuacik, C., Gencer, D., Demir, I., & Demirbag, Z. (2018). Determination of fungal pathogens of *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae): isolation, characterization, and susceptibility. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 28, 39 1-8.

Zhou, X., Liang, W., Zhang, Y., Ren, Z., & Xie, Y (2021). Effect of earthworm *Eisenia fetida* epidermal mucus on the vitality and pathogenicity of *Beauveria bassiana*. *Scientific Reports*, 11(1), 13915, 1-11.

CAPÍTULO 1 - Avaliação da eficiência de fungos entomopatogênicos na redução populacional de adultos emergentes de moscas-das-frutas em pomares comerciais de goiabeira

Por se tratar de Propriedade Intelectual e Inovação Tecnológica não serão apresentados os itens Material e Métodos, Resultados, bem como sua Discussão e Conclusões.

INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido como o terceiro maior produtor mundial de goiaba, destacando-se na produção dessa fruta tropical, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae), que se adapta a diversas regiões tropicais e subtropicais (Pereira & Kavati, 2011). Popularmente conhecida como "maçã dos trópicos", a goiaba é apreciada por seu sabor, valor nutricional e propriedades medicinais. Sua demanda tem crescido devido à busca por alimentos mais saudáveis (Kumari et al., 2020) e processados, como sucos, doces e geleias (Quintal et al., 2017). Além de sua importância nutricional, a goiaba possui grande relevância econômica no Brasil, gerando emprego e renda para milhares de produtores. Impulsionando uma cadeia produtiva voltada tanto para o mercado interno quanto para a exportação. Seu valor econômico abrange diferentes segmentos, desde a comercialização da matéria-prima até investimentos em pesquisa e extensão agrícola (Vitti et al., 2002).

As moscas-das-frutas representam um dos principais entraves à comercialização de frutas e hortaliças no mundo (Gould & Raga, 2002), causando danos diretos devido à oviposição e à alimentação das larvas no interior dos frutos, ocasionando perdas consideráveis à produção (Malavasi et al., 2000, Costa, 2011) bem como danos indiretos, como as restrições quarentenárias impostas por nações importadoras de frutas e hortaliças aos países e continente nos quais ocorrem espécies-praga. Na cultura da goiaba, os prejuízos podem variar entre 70% e 100% da produção (Araújo & Zucchi, 2003). Além disso, as condições climáticas do Brasil favorecem a infestação por espécies de moscas-das-frutas, tornando seu controle um grande desafio para os produtores (Marchiori et al., 2000; Araújo et al., 2014).

Nesse contexto, a produção de goiaba enfrenta desafios fitossanitários significativos, especialmente devido à infestação por espécies de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae e Lonchaeidae), que comprometem a qualidade e a viabilidade comercial da fruta (Costa, 2011). No Brasil, as espécies *Anastrepha* spp. e *Ceratitis capitata* são as principais responsáveis pelos danos à cultura (Zucchi, 2000, 2001; Uchoa, 2012). A biologia das espécies-pragas é influenciada por fatores ambientais, como temperatura e pluviosidade, que regulam sua dinâmica populacional e podem afetar sua mortalidade (Aluja, 1994).

As espécies de *Anastrepha* necessitam de materiais proteicos para a maturação dos ovos (Uchoa, 2012). Sendo assim, o ciclo de vida das espécies de mosca-da-fruta se inicia quando as fêmeas adultas depositam seus ovos na casca (epicarpo-mesocarpo) das goiabas. As larvas que eclodem dos ovos inseridos dentro dos frutos se alimentam da polpa, completando quase todo o desenvolvimento larval no interior destes. Ao completarem o terceiro instar, as larvas deixam o fruto da goiaba e se enterram no solo, onde se transformam em pupas (Aluja & Mangan, 2008). A fase de pupa no solo, somada à proteção conferida pelo fruto durante o desenvolvimento larval, torna o manejo das espécies de mosca-da-fruta um desafio, pois tanto as larvas quanto as pupas ficam protegidas dos inseticidas aplicados na superfície dos frutos (Heve et al., 2017).

O manejo das mosca-das-frutas geralmente envolve a combinação de diferentes estratégias, como monitoramento populacional, controle químico com inseticidas, captura massiva com atrativos alimentares e paraferomônios, uso de parasitoides, técnica do inseto estéril e controle mecânico (Gutiérrez, 2010; Díaz-Fleischer et al., 2017). Embora o controle químico seja amplamente utilizado, o uso excessivo de inseticidas tem favorecido o desenvolvimento de resistência em populações de insetos, além de gerar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana (Pacheco Hernandez et al., 2019). Nesse contexto, técnicas do método Controle Biológico vêm sendo desenvolvidos no contexto do manejo integrado de pragas (MIP), tem se mostrado uma abordagem eficiente ao combinar diferentes estratégias (Dias et al., 2018) de supressão populacional das espécies-praga.

Entre as alternativas sustentáveis, o controle biológico empregando a técnica do emprego de fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, tem ganhado destaque. Esses microrganismos, amplamente distribuídos na natureza, infectam diversos estágios de espécies-praga e podem ser aplicados diretamente no solo ou em iscas tóxicas para a supressão populacional de espécies de mosca-das-frutas (Wilson et al., 2017; Kalvnadi et al., 2018; Bedini et al., 2018; Parra, 2023).

Os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales) são generalistas, apresentam ampla distribuição geográfica (Lopes et al., 2018) e podem ser encontrados em solos e plantas (Botelho et al., 2019). Esses microrganismos provocam epizootias em diversas ordens de insetos e possuem propágulos com alta capacidade de dispersão e infecção (Kalvnadi et al., 2018) em diferentes estágios do desenvolvimento do hospedeiro (Gotti et al., 2023). A patogenicidade e eficiência dessas espécies de fungos foram demonstradas para larvas, pré-pupas, pupas e adultos de *Anastrepha fraterculus* (Destéfano et al., 2005).

O uso de fungos entomopatogênicos permite diversas abordagens no manejo populacional de espécies de mosca-das-frutas. Esses organismos podem ser aplicados em iscas

tóxicas (Bedini et al., 2018) ou por meio de estratégias de dispersão em campo, incluindo dispositivos contaminantes e vetores que transportam os propágulos fúngicos (Flores et al., 2013; Toledo et al., 2017). Além disso, a aplicação direta no solo permite atingir diferentes estágios do ciclo de espécies-praga sem necessidade de ingestão. Essa estratégia pode reduzir populações de larvas pré-puparias e adultos jovens (Wilson et al., 2017) ao sair dos pupários enterrados no solo.

Diante da relevância econômica da goiaba e do seu valor nutricional para humanos na Região Neotropical e dos desafios fitossanitários impostos por espécies de moscas-das-frutas, é fundamental desenvolver estratégias eficazes e sustentáveis para a supressão populacional de espécies-praga. Pesquisas em condições de laboratório demonstram que os fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* possuem grande potencial para infectar e causar altas taxas de mortalidade em espécies de *Anastrepha*. Contudo, a eficácia desses fungos em condições de campo, especialmente quando aplicados no solo para atingir os adultos emergentes dos pupários, ainda precisa ser melhor compreendida. Assim, pesquisas sobre a frequência ideal de aplicação e a capacidade de infecção desses microrganismos são essenciais para validar seu uso no manejo integrado das espécies de moscas-das-frutas, oferecendo alternativas sustentáveis aos produtores de hortifruti, à segurança alimentar aos consumidores, viabilizando maior proteção à biodiversidade e evitando contaminação das águas e dos solos com pesticidas químicos sintéticos.

Considerando a importância econômica da goiaba e os desafios fitossanitários impostos por espécies *Anastrepha* (moscas-das-frutas), este estudo busca validar a eficácia de fungos entomopatogênicos como alternativa sustentável. A investigação fundamenta-se em duas hipóteses: (i) a aplicação de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* no solo é eficaz no controle de adultos emergentes, promovendo maior mortalidade; e (ii) a frequência de aplicação influencia diretamente a eficiência do controle. Assim, o objetivo deste trabalho é investigar a capacidade de infecção de adultos emergentes de espécies de *Anastrepha* sob o solo, após a pulverização com os fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana*, em condições de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265–266.
- Aluja, M. (1994). Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annual Review of Entomology*, 39, 155–178.
- Aluja, M., & Mangan, R. L. (2008). Fruit fly (*Diptera: Tephritidae*) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annual Review of Entomology*, 53(1), 473–502.

- Aluja, M., Ordano, M., Guillén, L., & Rull, J. (2012). Understanding long-term fruit fly (*Diptera: Tephritidae*) population dynamics: implications for areawide management. *Journal of Economic Entomology*, 105(3), 823–836. <https://doi.org/10.1603/EC11353>
- Araújo, E. L., & Zucchi, R. A. (2003). Moscas-das-frutas (*Diptera: Tephritidae*) em goiaba (*Psidium guajava* L.), em Mossoró, RN. *Arquivos do Instituto Biológico*, 70(1), 73–77.
- Araújo, A. A. R., Silva, P. R. R., Querino, R. B., Sousa, E. P. da S., & Soares, L. L. (2014). Moscas-das-frutas (*Diptera: Tephritidae*) associadas às frutíferas nativas de *Spondias* spp. (*Anacardiaceae*) e *Ximenia americana* L. (*Olacaceae*) e seus parasitoides no Estado do Piauí, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(4), 1739. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p1739>
- Bedini, S., Sarrocco, S., Baroncelli, R., Vannacci, G., & Conti, B. (2018). Pathogenic potential of *Beauveria pseudobassiana* as bioinsecticide in protein baits for the control of the medfly *Ceratitis capitata*. *Bulletin of Insectology*, 71, 31–38.
- Bissoli, G., Correia, A. C. B., & Barbosa, J. C. (2014). Seleção de fungos patogênicos para controle de larvas e pupas da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (*Diptera: Tephritidae*). *Científica*, 43, 338–345. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n4p338-345>
- Botelho, R. Z., Lima, L. M. D., Milani, R. B., Martins, A. B. G., & Lopes, R. B. (2019). *Metarhizium* species in soil from Brazilian biomes: a study of diversity, distribution, and association with natural and agricultural environments. *Fungal Ecology*, 41, 289–300.
- Chaneiko, S. M., Nava, D. E., Pires, L. A., Delalibera Júnior, I., & Garcia, F. R. M. (2019). Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Anastrepha fraterculus* (*Diptera: Tephritidae*) and Effects on Adult Longevity. *Journal of Agricultural Science*, 11(16), 132.
- Costa, G. M. M. (2011). Moscas-das-frutas (*Diptera: Tephritidae*) e seus parasitoides (*Hymenoptera: Braconidae*), em pomares domésticos, nos municípios de Apodi e Baraúna, Rio Grande do Norte [Tese de Doutorado]. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.
- De la Rosa, F., Lopez, F. L., & Liedo, P. (2002). *Beauveria bassiana* as a pathogen of the Mexican fruit fly (*Diptera: Tephritidae*) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 36–43.
- Destéfano, R. H. R., Lopes, R. B., Milani, R. B., & Sano, H. (2005). Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* against immature stages of *Anastrepha fraterculus* fruitfly (*Diptera: Tephritidae*). *Brazilian Journal of Microbiology*, 36(1), 94–99. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822005000100018>
- Díaz-Fleischer, F., Pérez-Staples, D., Cabrera-Mireles, H., Montoya, P., & Liedo, P. (2017). Novel insecticides and bait stations for the control of *Anastrepha* fruit flies in mango orchards. *Journal of Pest Science*, 90, 865–872. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0834-3>
- Díaz-Ordaz, N. H., Pérez, N., & Toledo, J. (2010). Patogenicidad de tres cepas de hongos entomopatógenos a adultos de *Anastrepha obliqua* (*Diptera: Tephritidae*) en condiciones de laboratorio. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(3), 481.

- Dias, N. P., Alves, P. P., & Delalibera Júnior, I. et al. (2018). Fruit fly management research: A systematic review of monitoring and control tactics in the world. *Crop Protection*, 112, 187–200. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.019>
- Dimbi, S., Maniania, N. K., & Ekesi, S. (2003). Host species, age and sex as factors affecting the susceptibility of the African Tephritid fruit fly species, *Ceratitis capitata*, *C. cosyra* and *C. fasciventris* to infection by *Metarhizium anisopliae*. *Anzeiger für Schädlingskunde*, 76, 113–117.
- Ekesi, S., Maniania, N. K., & Dimbi, S. (2001). Importance of timing of application of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* for the control of legume flower thrips, *Megalurothrips sjostedti* and its persistence on cowpea. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 33(5), 431–445. <https://doi.org/10.1080/03235400109383364>
- Embrapa. (2025). *Busca de Dados Meteorológicos*. Embrapa CPAO. <https://clima.cpao.embrapa.br/>
- Fernández-Bravo, M., Téllez, E., Delbó, R., & Quesada-Moraga, E. (2017). UV-B radiation-related effects on conidial inactivation and virulence against *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera; Tephritidae) of phylloplane and soil *Metarhizium* sp. strains. *Journal of Invertebrate Pathology*, 148, 142–151.
- Fietz, C. R., & Fisch, G. (2008). *O clima na região de Dourados, MS* (2. ed.). Embrapa Agropecuária Oeste.
- Flores, S., Campos, S., Villaseñor, A., Vale, A., Enkerlin, W., Toledo, J., Liedo, P., & Montoya, P. (2013). Sterile males of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) as disseminators of *Beauveria bassiana* conidia for IPM strategies. *Biocontrol Science and Technology*, 23(10), 1186–1198. <https://doi.org/10.1080/09583157.2013.822473>
- Gotti, I. A., Moreira, C. C., Delalibera Júnior, I., & Licht, H. H. F. (2023). Blastospores from *Metarhizium anisopliae* and *Metarhizium rileyi* are not always as virulent as conidia are towards *Spodoptera frugiperda* caterpillars and use different infection mechanisms. *Microorganisms*, 11(6), 1594.
- Gould, W. P., & Raga, A. (2002). Pests of guava. In J. E. Peña, J. L. Sharp, & M. Wysoki (Eds.), *Tropical fruit pests and pollinators: Biology, economic importance, natural enemies and control* (pp. 295–313). CAB International.
- Gutiérrez, J. M. (2010). El Programa Moscas de la Fruta en México. In *Moscas de la Fruta: Fundamentos y procedimientos para su manejo* (pp. 3–10). S y G Editores.
- Hamzah, A. M., Ariff, M. B., Alshahrani, A. A., & Al-Amer, M. (2021). Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales) against *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) under controlled and open-field conditions on bitter melon. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 31, 144.
- Heve, W. K., El-Borai, F. E., Carrillo, D., & Duncan, L. W. (2017). Biological control potential of entomopathogenic nematodes for management of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* Loew (Tephritidae). *Pest Management Science*, 73, 1220–1228. <https://doi.org/10.1002/ps.4447>
- Jamovi Project. (2022). *Jamovi* (versão 2.3) [Software de computador]. <https://www.jamovi.org>

- Jasp Team. (2024). *JASP* (versão 0.19.3) [Software de computador]. <https://jasp-stats.org>
- Juibari, M. M., Zibae, A., & Mozhdehi, M. R. A. (2023). Toxicity and physiological interruptions of a proteinaceous toxin from *Metarhizium anisopliae* against the olive fruit pest, *Bacterocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 271, 109681. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2023.109681>
- Kalvnadi, E., Mirmoayedi, A., Alizadeh, M., & Pourian, H. R. (2018). Sub-lethal concentrations of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* increase fitness costs of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) offspring. *Journal of invertebrate pathology*, 158, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.08.012>
- Ker, J. C. (1997). Latossolos do Brasil: uma revisão. *Geonomos*, 5, 17–40.
- Kumari, P., Mankar, A., Karuna, K., Homa, F., Meiramkulova, K., & Siddiqui, M. W. (2020). Mineral composition, pigments, and postharvest quality of guava cultivars commercially grown in India. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100061. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100061>
- Lenhard, W., & Lenhard, A. (2022). *Computation of effect sizes*. Psychometrica. https://www.psychometrica.de/effect_size.html. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17823.92329>
- Lopes, R. B., Souza, D. A., Rocha, L. F. N., Montalva, C., Luz, C., Humber, R. A., & Faria, M. (2018). *Metarhizium alvesii* sp. nov.: A new member of the *Metarhizium anisopliae* species complex. *Journal of Invertebrate Pathology*, 151, 165–168.
- Loureiro, E. S., & Moino Júnior, A. (2007). Patogenicidade de fungos entomopatogênicos a *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). *BioAssay*, 2.
- Lu, H. L., & St Leger, R. J. (2016). Insect immunity to entomopathogenic fungi. *Advances in Genetics*, 94, 251–285. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2015.11.002>
- Malavasi, A., Zucchi, R. A., & Sugayama, R. L. (2000). Biogeografia. In A. Malavasi & R. A. Zucchi (Eds.), *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado* (pp. 93–98). Holos.
- Mantzoukas, S., Vasileiadis, S., & Eliopoulos, P. A. (2022). Entomopathogenic fungi: Interactions and applications. *Encyclopedia*, 2, 646–656. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2020044>
- Marchiori, C. H., Oliveira, A. M. da S., Martins, F. F., Bossi, F. S., & Oliveira, Â. T. (2000). Espécies de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em Itumbiara, GO. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 30(2), 73–76.
- Martínez-Barrera, O. Y., Toledo, J., Cancino, J., Liedo, P., Gómez, J., Valle-Mora, J., & Montoya, P. (2020). Interaction between *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) and *Coptera haywardi* (Hymenoptera: Diapriidae) for the management of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Science*, 20(2), 1-6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa010>
- Mondal, S., Baksi, S., Koris, A., & Vatai, G. (2016). Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(2), 85–99.

- Monica, S. S., Rajanikanth, P., Duraimurugan, P., Basha, S. Ameer, Chary, D. Srinivasa (2024). Characterization of Endophytic Entomopathogenic Fungal Isolates: Growth Dynamics, Viability, Density, and Morphological Attributes. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(7), 74–81. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i72124>
- Nunes, P. S. O., Lacerda-Júnior, G. V., Mascarín, G. M., Guimarães, R. A., Medeiros, F. H. V., Arthurs, S., & Bettiol, W. (2024). Microbial consortium of biological products: do they have a future? *Biological Control*, 188, 105439.
- Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2013). Action on the surface: Entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects*, 4(3), 357–374.
- Osorio-Fajardo, A., & Canal, N. A. (2011). Selección de Cepas de Hongos Entomopatógenos para el Manejo de *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) (Diptera: Tephritidae) en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6129–6139.
- Pacheco Hernández, M. L., Reséndiz Martínez, J. F., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Paradza, V. M., Khamis, F. M., Yusuf, A. A., Subramanian, S., & Akutse, K. S. (2021). Virulence and horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* by the adults of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) and the efficacy of oil formulations against its nymphs. *Heliyon*, 7(11), e08277.
- Parra, J. R. P. (2023). Biological Control in Brazil: state of art and perspectives. *Scientia Agricola*, 80, e20230080. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0080>
- Pereira, F. M., & Kavati, R. (2011). Contribution of Brazilian scientific research in developing some of subtropical fruit. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 92–108.
- Quintal, S. S. R., Viana, A. P., Campos, B. M., Vivas, M., & Amaral Júnior, A. T. D. (2017). Selection via mixed models in segregating guava families based on yield and quality traits. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(2), e-866.
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing* (versão 4.1) [Software de computador]. <https://cran.r-project.org>
- Silva, T. L., Sousa, M. S. M., Santos, J. E. V., Bariani, A., Lima, A.L., Jesus, C. R., Pereira, J. F., & Adaime, R. (2022). Mortalidade de imaturos e adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) causada por *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) em condições de laboratório. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 11 (13), e339111335304. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35304>
- Toledo, J., Campos, S. E., Flores, S., Liedo, P., Barrera, J. F., Villaseñor, A., & Montoya, P. (2007). Horizontal transmission of *Beauveria bassiana* in *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) under laboratory and field cage conditions. *Journal of Economic Entomology*, 100(2), 291–297. <https://doi.org/10.1603/0022-0493>
- Toledo, J., Flores, S., Campos, S., Villaseñor, A., Enkerlin, W., Liedo, P., Valle, Á., & Montoya, P. (2017). Pathogenicity of three formulations of *Beauveria bassiana* and efficacy of autoinoculation devices and sterile fruit fly males for dissemination of conidia

for the control of *Ceratitis capitata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 164(3), 340–349. <https://doi.org/10.1111/eea.12608>

Uchoa, M. A. (2012). Fruit Flies (*Diptera: Tephritoidea*): biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control. In M. L. Larramendy & S. Soloneski (Eds.), *Integrated Pest Management and Pest Control: Current and Future Tactics* (pp. 271–300). InTech.

Uchoa, M. A., & Zucchi, R. A. (1999). Metodología de colecta de tephritidae y lonchaeidae frugívoros (*Díptera: Tephritoidea*) y sus parasitoides (*Hymenoptera*). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 28(4), 601–610.

Vitti, K. A., Lima, L. M. D., & Martines Filho, J. G. (2020). Agricultural and economic characterization of guava production in Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(1), e–447. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020447>

Wilson, W. M., Ibarra, J. E., Oropeza, A., Hernández, M. A., Toledo-Hernández, R. A., & Toledo, J. (2017). Infection of *Anastrepha ludens* (*Diptera: Tephritidae*) adults during emergence from soil treated with *Beauveria bassiana* under various texture, humidity, and temperature conditions. *Florida Entomologist*, 100(3), 503.

Zucchi, R. A. (2000). Taxonomia. In A. Malavasi & R. A. Zucchi (Eds.), *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado* (pp. 13–24). Holos.

Zucchi, R. A. (2001). Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (*Diptera: Tephritidae*). In E. F. Vilela, R. A. Zucchi, & F. Cantor (Eds.), *Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil* (pp. 15–22). Holos.

CAPÍTULO 2: Eficiência do controle microbiano em adultos de *Conotrachelus psidii* Marshall 1922 (Coleoptera: Curculionidae) em goiabeira (*Psidium guajava* L. 1753, Myrtaceae), sob condições de campo

Por se tratar de Propriedade Intelectual e Inovação Tecnológica não serão apresentados os itens Material e Métodos, Resultados, bem como sua Discussão e Conclusões.

INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.), pertencente à família Myrtaceae, é uma frutífera com distribuição nas regiões tropicais e subtropicais. Tem grande importância econômica na Região Neotropical. No Brasil a produção em 2023 foi de 582.832 toneladas, em uma área cultivada de 22.487 hectares (IBGE, 2023). A fruta é consumida tanto *in natura* quanto processada, sendo comercializada principalmente como goiabada, um dos doces mais consumidos no Brasil (Pereira & Kavati, 2011). A goiaba tem um papel essencial na economia, gerando renda para produtores de diferentes escalas. Em 2024, o mercado global da fruta foi avaliado em US\$ 968,2 milhões, com projeção de crescimento anual de 4,70% até 2030. Na América do Sul, as vendas alcançaram US\$ 48,41 milhões em 2023 (Cognitive Market Research, 2025).

A cultura da goiaba é atacada por uma espécie de Curculionidae (Insecta: Coleoptera) que coloniza os frutos ainda verdes: denominado popularmente gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* Marshall, 1922. Este besouro, mede aproximadamente 6 mm de comprimento, causa danos diretos à qualidade da fruta, desde a oviposição em frutos verdes até o desenvolvimento larval, resultando em amadurecimento precoce, apodrecimento e queda prematura dos frutos (Bailez et al., 2003; Machado da Rosa et al., 2015). A fêmea deposita de 539 a 793 ovos, em vários frutos, com uma taxa de fertilidade de 96,5%, perfurando a superfície do fruto (Pereira, 1995; Bailez et al., 2003; Souza Filho & Costa, 2003). As larvas, diferem das moscas-das-frutas por seu maior tamanho e cabeça quitinizada. Se alimentam da polpa e das sementes, completando seu desenvolvimento em cerca de 12,2 dias, seguidas pelas fases de pré-pupa e pupa que ocorrem no solo e têm duração aproximada de 16,6 e 14,88 dias, respectivamente (Martins et al., 2011; Valente & Benassi, 2014).

A infestação por *C. psidii* pode causar perdas entre 50 e 100% em pomares sem controle populacional (Pinchao & Muñoz, 2019). O ataque ao fruto é mais intenso entre dezembro e março, com preferência por oviposição no terço inferior da planta (Valente, 2014). Em Mato Grosso do Sul, as infestações variam de 1,73 larvas por quilo de fruto e 0,11 larvas por fruto

(Sá & Silva, 2011). No campo, o gorgulho-da-goiaba é conhecido como uma praga silenciosa, pois seus danos só se tornam visíveis quando já estão avançados na cultura.

Contudo, o manejo populacional do gorgulho-da-goiaba enfrenta desafios devido à sua associação com ambientes silvestres e à resistência a inseticidas (Del Valle et al., 2005; Insuasty et al., 2011). O uso de inseticidas, apesar de amplamente empregado, apresenta limitações devido à resistência adquirida pelo curculionídeo, além do fato de a fase juvenil se encontrar protegida dos frutos, onde ocorre grande parte de seu ciclo biológico (Del Valle et al., 2005). Além disso, os adultos apresentam comportamento críptico, se escondendo na serapilheira ao redor das goiabeiras, reduzindo, assim, as chances de controle com pulverizações de inseticidas químicos-sintéticos (Denholm & Rolland, 1992; Romero-Frías et al., 2016).

Diante desses desafios, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) surge como alternativa viável, combinando diferentes métodos e técnicas para o controle da espécie, como o controle cultural, uso de feromônios e emprego de variedades resistentes de *Psidium guajava* (Dolinski, 2003; Dolinski & Lancely, 2007). Neste contexto, o controle biológico, utilizando nematoides e fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, mostra potencial para reduzir as populações desta espécie sem causar impactos ambientais adversos (Dolinski et al., 2003; Brito et al., 2008; Delgado-Ochica & Saenz Aponte, 2012; Faria et al., 2022; Saldanha et al., 2022; MAPA, 2024). Inimigos naturais como formigas predadoras (*Pheidole oxyops*, *Ectatoma planidens*, *Solenopsis invicta* e *Odontomachus bauri*) também são utilizados no controle biológico de *C. psidii* (Souza Filho & Costa, 2003; Parra, 2023).

O uso de fungos entomopatogênicos tem se tornado uma técnica do método Controle Biológico cada vez mais empregada e relevante dentro do MIP, devido ao seu alto potencial de controle de espécies pragas agrícolas. É isenta de riscos à saúde humana e de baixo impacto aos ecossistemas (Saldanha et al., 2022) e biomas. *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* estão entre as espécies mais utilizadas, com 105 e 95 bioinseticidas registrados, respectivamente, no Brasil (MAPA, 2024) e em outros países (Faria et al., 2022).

O gorgulho-da-goiaba (*C. psidii*) demonstra alta suscetibilidade à infecção por *B. bassiana* e *M. anisopliae* em condições de laboratório, com taxas de mortalidade podendo ultrapassar 88% (Brito et al., 2008). No entanto, a aplicação desses fungos entomopatogênicos em campo ainda é pouco investigada, especialmente para *C. psidii*, sendo necessários pesquisas em condições reais dos ambientes dos pomares para aprimorar estratégias de manejo eficazes contra essa espécie praga de grande impacto na cultura da goiaba.

Dada a relevância econômica da goiabeira e os prejuízos ocasionados pelo gorgulho-da-goiaba (*Conotrachelus psidii*), aliado ao crescente interesse por alternativas sustentáveis de manejo, este estudo avaliou o potencial de fungos entomopatogênicos no controle dessa praga.

Considerou-se que a aplicação de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* no solo pode reduzir a emergência de adultos ao aumentar a mortalidade, além de que a frequência de aplicação influencia a eficiência do controle. Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi investigar, em condições de campo, a capacidade de infecção de adultos emergentes de *C. psidii* em solo pulverizado com *M. anisopliae* e *B. bassiana* em um pomar comercial de goiabeiras da variedade Pedro Sato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265–266.
- Arruda, W., Lu Beck, I., Schrank, A., & Vainstein, M. H. (2005). Morphological alterations of *Metarhizium anisopliae* during penetration of *Boophilus microplus* ticks. *Experimental and Applied Acarology*, 37, 231–244.
- Arora, N., & Mishra, I. (2019). United Nations Sustainable Development Goals 2030 and environmental sustainability: Race against time. *Environmental Sustainability*, 2, 339–342.
- Bailez, O. E., Viana-Bailez, A. M., Lima, J. O. G. de, & Moreira, D. D. O. (2003). Life history of the guava weevil, *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae), under laboratory conditions. *Neotropical Entomology*, 32(2), 203–207.
- Brito, E. S., Del Valle, E., Faria, M., Dolinski, C., Alves, L. F., & Moreira, M. A. (2008). Combining vegetable oil and sublethal concentrations of imidacloprid with *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against adult guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae). *Biocontrol Science and Technology*, 18(7), 665–673. <https://doi.org/10.1080/09583150802195965>
- Castrillo, L. A., Roberts, D. W., & Vandenberg, J. D., (2005). The fungal past, present, and future: germination, ramification, and reproduction. *Journal of Invertebrate Pathology*, 89(1), 46–56.
- Cognitive Market Research. (2025). *Guava Market Report 2025*. <https://www.cognitivemarketresearch.com/guava-market-report>
- Del Valle, E. E., Dolinski, C., Souza, R. M., & Samuels, R. I. (2005). Performance de *Heterorhabditis baujardi* LPP7 (28) (Nematoda: Rhabditida) selecionada para tolerância a elevadas temperaturas no controle de *Conotrachelus psidii*, (Coleoptera: Curculionidae). *Nematologia Brasileira*, 29, 199–205.
- Delgado-Ochica, Y., & Saenz Aponte, A. (2012). Virulencia, producción y desplazamiento de nematodos entomopatógenos sobre larvas del picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii* Marshall: (Coleoptera: Curculionidae) en laboratorio. *Universitas Scientiarum*, 17(3), 283–290. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832012000300004&lng=en&nrm=iso
- Denholm, I., & Rowland, M. W. (1992). Tactics for managing pesticide resistance in arthropods: theory and practice. *Annual Review of Entomology*, 37, 91–112.

- Ding, J. L., Lin, H. Y., Hou, J., Feng, M. G., & Ying, S. H. (2023). The Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Employs Autophagy as a Persistence and Recovery Mechanism during Conidial Dormancy. *mBio*, 14(2), e0304922, 1-20. <https://doi.org/10.1128/mbio.03049-22>
- Dolinski, C. (2003). Development and establishment of integrated pest management strategies on guava orchards in the North/Northeast of Rio de Janeiro State, Brazil. In J. Saul (Ed.), *Memoria Primer Simposio Internacional de la Guayaba* (pp. 230–232).
- Dolinski, C., & Lancely, L. (2007). Microbial control of arthropod pests of tropical tree fruits. *Neotropical Entomology*, 36(2), 161–179.
- Dolinski, C., Del Valle, E. E., Ribeiro, J. P., Souza, T. S., Almeida, A., Machado, I. R., Oliveira, L. M. G., & Cardoso, E. C. S. (2003). Studies on the entomopathogenic nematodes for the control of the guava-weevil (*Conotrachelus psidii*) in the North and Northeast regions of the state of Rio de Janeiro, Brazil. In C. Dolinski (Ed.), *Proc. Latin American Symposium Entomopathogenic Fungi and Nematodes* (p. 36).
- Embrapa. (2025). *Busca de Dados Meteorológicos*. Embrapa CPAO. <https://clima.cpaio.embrapa.br/>
- Faria, M., Palhares, L. A. M., Souza, D. A., & Lopes, R. B. (2022). What would be representative temperatures for shelf-life studies with biopesticides in tropical countries? Estimates through long-term storage of biocontrol fungi and calculation of mean kinetic temperatures. *BioControl*, 67, 213–224.
- Fietz, C. R., & Fisch, G. F. (2008). *O clima na região de Dourados, MS* (2. ed.). Embrapa Agropecuária Oeste.
- Hasan, S. (2014). Entomopathogenic fungi as potent agents of biological control. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 2, 234–237.
- Husseini, M. M. M. (2019). Management of the Egyptian alfalfa weevil, *Hypera brunneipennis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae), in the alfalfa, *Medicago sativa* L., using the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 29, 82.
- IBGE. (2023). *Produção agropecuária: goiaba*. <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/goiaba.html>
- Insuasty, O., Monroy, R., Díaz, A., & Bautista, J. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la guayaba (Psidium guajava L.) en Santander*. Corpoica-ICA Imprenta nacional de Colombia.
- Jamovi Project. (2022). *Jamovi* (versão 2.3) [Software de computador]. <https://www.jamovi.org>
- Jaronski, S. T. (2010). Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. *BioControl*, 55, 159–185.
- Jasp Team. (2024). *JASP* (versão 0.19.3) [Software de computador]. <https://jasp-stats.org>
- Ker, J. C. (1997). Latossolos do Brasil: uma revisão. *Geonomos*, 5, 17–40.

- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1–41.
- Leger, R. S., Charnley, A. K., & Cooper, R. M. (1991). Characterization of cuticle-degrading proteases produced by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 58(3), 415–426.
- Loureiro, E. S., & Moino Jr, A. (2007). Patogenicidade de fungos entomopatogênicos a *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). *BioEnsaio*, 2.
- Lu, H. L., & St Leger, R. J. (2016). Insect immunity to entomopathogenic fungi. *Advances in Genetics*, 94, 251–285. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2015.11.002>
- Machado da Rosa, J., Carissimi Boff, M. I., Zanelato Nunes, M., Agostinetto, L., & Boff, P. (2015). Damage caused by *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae) to the fruits of feijoa (*Acca sellowiana*). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(1), 12–17. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882015000100003&lng=en&nrm=iso
- MAPA. (2024). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - AGROFIT*. https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Martins, A. B. G., Natale, W., Watanabe, H. S., Silva, A. C. C., & Cavallari, L. L. (2011). Goiaba. *Revista Informe Agropecuário*, 32, 63–72.
- Mascarin, G. M., Lopes, R. B., Delalibera Jr., Í., Fernandes, É. K. K., Luz, C., & Faria, M. (2019). Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 165, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.01.001>
- Mendes, A. C. B., Magalhães, B. P., Ohashi, O. S., & Bastos, C. N. (2001). Infecção de *Conotrachelus humeropictus* Fiedler (Coleoptera: Curculionidae) por *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. no solo. *Acta Amazonica*, 31(4), 531–538. <https://doi.org/10.1590/1809-43922001314538>
- Meyling, N. V., & Eilenberg, J. (2007). Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. *Biological Control*, 43(2), 145–155.
- Moraes, J. G. T., Peçanha, L. S., Mendonça, L. V. P., Ribeiro, C. B., Abib, P. H. N., Abreu, L. M. S., Samuels, R. I., Marinho, C. S., Viana, A. P., & Silva, G. A. (2021). Bioecology of the guava weevil *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection*, 143, 105546. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105546>
- Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421, 37–42.
- Parra, J. R. P. (2023). Biological Control in Brazil: state of art and perspectives. *Scientia Agricola*, 80, e20230080. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0080>
- Pereira, F. M. (1995). *Cultura da goiabeira*. FUNEP.

- Pereira, F. M., & Kavati, R. (2011). Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1), 92–108.
- Pinchao, E. C., & Muñoz, A. C. (2019). Mapping the spatial distribution of *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae): Factors associated with the aggregation of damage. *Neotropical Entomology*, 48, 678–691. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-00669-y>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing* (versão 4.1) [Software de computador]. <https://cran.r-project.org>
- Romero-Frías, A., Murata, Y., Simões Bento, J. M., & Osorio, C. (2016). (1R,2S,6R)-Papayanal: A new male-specific volatile compound released by the guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 80(5), 848–855. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1136877>
- Sabbahi, R., & Hock, V. (2024). Entomopathogenic fungi against the red palm weevil: Lab and field evidence. *Crop Protection*, 177, 1–13.
- Sá, V. A., & Silva, L. B. (2011). Infestação de *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae) em frutos de goiaba, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae), em Mato Grosso do Sul, Brasil. *BioFar. Revista de Biologia e Farmácia*, 6, 123–128.
- Saldanha, M. A., Walker, C., Quevedo, A. C., Pedron, L., Muniz, M. F. B., & Costa, E. C. (2022). Caracterização Morfofisiológica De Fungos Entomopatogênicos. *Acta Biológica Catarinense*, 9(1), 87–96. <https://doi.org/10.21726/Abc.V9i1.1705>
- Souza Filho, M. F., & Costa, V. A. (2003). Manejo integrado de pragas da goiabeira. In R. D. E. Rozane & F. A. A. Couto (Eds.), *Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado* (pp. 381–401). Suprema Gráfica e Editora.
- Thakur, N., Kaur, S., Tomar, P., Thakur, S., & Yadav, A. N. (2020). Microbial biopesticides: Current status and advancement for sustainable agriculture and environment. In A. A. Rastegari, A. N. Yadav, & N. Yadav (Eds.), *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* (pp. 243–282). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820526-6.00016-6>
- Valente, F. I. (2014). *Distribuição intra-planta de frutos atacados de goiaba por Conotrachelus psidii* Marshall, 1922 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivo orgânico [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.
- Valente, F. I., & Benassi, V. L. R. M. (2014). Aspectos biológicos e técnica de criação do gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(2), 339–345.
- Villamizar, L. F., Barrera, G. P., Luange, A., Sagata, K., Gende, P., Chris, S., Tsatsia, H., Mudu, F., Weston, M., van Koten, C., Mansfield, S., Jackson, T. A., & Marshall, S. D. G. (2024). Characterization and screening of new *Metarhizium* isolates to control the coconut rhinoceros beetle in the Pacific islands. *Fungal Biology*, 128(7), 2127–2138. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2024.08.009>

- Wakil, W., Kavallieratos, N. G., Ghazanfar, M. U., Usman, M., Habib, A., & Elshafie, H. (2021). Efficacy of different entomopathogenic fungal isolates against four key stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research*, 93, 101845.
- Wilson, W. M., Ibarra, J. E., Oropeza, A., Hernández, M. A., Toledo-Hernández, R. A., & Toledo, J. (2017). Infection of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) adults during emergence from soil treated with *Beauveria bassiana* under various texture, humidity, and temperature conditions. *Florida Entomologist*, 100(3), 503.
- Wraight, S. P., Galaini-Wraight, S., Howes, R. L., Castrillo, L. A., Griggs, M. H., Carruthers, R. I., Smith, R. H., Matsumoto, T. K., & Keith, L. M. (2021). Efficacy of *Beauveria bassiana* strain GHA spray applications against coffee berry borer *Hypothenemus hampei* on Hawai‘s Island. *Biological Control*, 161, 104587.

RELEVÂNCIA SOCIAL, ECONÔMICA OU CULTURAL DA PESQUISA (IMPACTO REGIONAL, NACIONAL OU INTERNACIONAL)

A pesquisa sobre o controle biológico de pragas da goiaba utilizando fungos entomopatogênicos apresenta um significativo potencial para gerar impactos positivos em diversos campos. Quanto a relevância social, desempenha um papel na esfera da saúde pública por auxiliar a reduzir o uso de produtos fitossanitários químicos sintéticos, diminuindo a exposição de trabalhadores agrícolas e dos consumidores a substâncias tóxicas. Contribui também com a sustentabilidade, devido à promoção de práticas agrícolas sustentáveis para a preservação do meio ambiente e da biodiversidade.

Relevância econômica: Os fungos entomopatogênicos pode resultar em menores custos de produção, uma vez que esses bioinseticidas são mais baratos que os pesticidas químicos-sintéticos. Outro aspecto econômico relevante, envolve o aumento da produtividade na cultura da goiaba e aumento da qualidade dos frutos produzidos com emprego do controle biológico, resultando em maiores rendimentos para os produtores. Além disso, outro ponto importante refere-se ao fortalecimento de práticas agrícolas inovadoras pois a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de controle biológico estimulam a inovação no setor agrícola. Ainda, a redução no uso de pesticidas químicos contribui para a preservação da qualidade do solo, da água e do ar, minimizando os impactos negativos na saúde ambiental. O controle biológico com fungos promove a conservação de inimigos naturais das pragas, contribuindo para o equilíbrio ecológico dos agroecossistemas.

O Impacto do Projeto se dá em âmbito regional, nacional e internacional, pois, melhorar a qualidade de vida das comunidades rurais, por meio da redução dos riscos à saúde e do aumento da renda dos produtores, gera um impacto positivo no desenvolvimento regional. A contribuição para a segurança alimentar e a economia agrícola do País, via aumento da produção de alimentos de forma sustentável, reforça a relevância da pesquisa em nível nacional. O impacto internacional é também notório, visto que o resultado da pesquisa pode ser compartilhado e adaptado em outras regiões do mundo, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, ajudando a combater espécies-praga em diferentes culturas e contextos.

Em suma este trabalho auxilia no conhecimento e prática de MIP para produtores rurais, visando a diminuição no uso de produtos químicos-sintéticos e na redução dos custos de produção, colaborando para o desenvolvimento sustentável da fruticultura mundial. Desta forma, pode melhorar o nível sócioeconômico dos fruticultores, minimizando o impacto dos insetos-praga em sistemas de produção de frutas e hortaliças, contribuindo com a disponibilização de produtos hortifrutícolas para o mercado interno e para as exportações,

assegurando a oferta de alimentos isentos de agrotóxicos, com contribuições diretas para melhorar a saúde humana e a conservação da biodiversidade na Terra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fungos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* demonstraram alta eficácia no controle da moscas-das-frutas e gorgulho-da-goiaba. A frequência das aplicações é um fator crucial para o sucesso do controle biológico de *Conotrachelus psidii*, indicando a necessidade de ajustar o número de aplicações de acordo com a dinâmica populacional desta espécie-praga e as condições ambientais. A combinação do controle biológico com outras práticas de manejo, como o controle cultural e a conservação de inimigos naturais, pode potencializar os resultados e promover um manejo integrado de pragas mais abrangente, eficiente e sustentável.

A dinâmica populacional das espécies-praga é influenciada por diversos fatores, incluindo a presença de inimigos naturais e as condições ambientais no campo, com interferência do clima regional e global. Por esta razão que pesquisas a campo são fundamentais para compreender a biologia e otimizar o manejo populacional de artrópodes-praga e benéficos, bem como os demais fatores que podem afetar o controle biológico e o manejo de populações de seres vivos, como um todo. No entanto, o controle biológico com fungos entomopatogênicos oferece uma alternativa mais sustentável que o método de controle químico, reduzindo o impacto ambiental, promovendo a saúde humana, dos demais animais e a conservação da biodiversidade em geral.

É importante desenvolver programas de capacitação para agricultores e técnicos que atuam na fruticultura, bem como nos demais setores da produção agrossilvipastoril, visando a disseminação do controle biológico e a sua adoção em larga escala. Além disso, é fundamental dar continuidade às pesquisas nesta área do conhecimento (controle biológico) para aprofundar o conhecimento sobre a interação entre os fungos entomopatogênicos, inimigos naturais de artrópodes-praga e as condições ambientais às quais estão submetidos, visando otimizar o manejo integrado de pragas.

A estratégia de aplicação via solo é viável, tendo a possibilidade de infectar larvas, pré-pupárias, pupas e adultos recém-emergidos no solo, impondo baixa emergência de adultos, além de infectar adultos de espécies de moscas-das-frutas recém-emergidas. No contexto do Manejo Integrado de Pragas, constitui-se numa ferramenta promissora, principalmente em pomares comerciais, onde deve-se conciliar o controle de múltiplas espécies pragas-chave: *Trioza limbata* Enderlein 1918 (Sternorrhyncha, Hemiptera), moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae e Lonchaeidae) e do gorgulho-da-goiaba (Coleoptera: Curculionidae) com a colheita de frutos. O produto amplamente utilizado durante a colheita de frutos é um Piretroide (pesticida químico-sintético) que apresenta um período de carência, devido a sua toxicidade - o que dificulta ainda mais o controle do triozódeo-da-goiabeira, as mosca-das-frutas e gorgulho-da-goiaba. Nesse

contexto, o uso de fungos entomopatogênicos via solo, pode contribuir com o controle de dois táxons com status de praga na goiabeira (mosca-das-frutas e *Conotrachelus psidii*, sem necessidade de período de carência, vez que são inócuos para humanos e demais vertebrados, melhorando a renda do produtor, diminuindo os custos de produção além de produzir frutos isentos de agrotóxicos e aumentar o valor de mercado, vez que em Mato Grosso do Sul, alimentos orgânicos têm uma valorização de, no mínimo 20%, em comparação com alimentos produzidos no sistema convencional. Valorização até superior a este percentual são auferidas em outras regiões do Brasil, Região Neotropical e Globalmente.

Outra vantagem é a redução no uso de produtos químicos-sintéticos, que podem produzir populações de espécies-praga resistentes aos inseticidas químicos, por outro lado, o controle destas pragas, com fungos entomopatogênicos é um método sem relatos de resistência e inofensivo aos humanos e ao meio ambiente.