Pesquisas em Entomologia

aspectos gerais

VOLUME 5



ORGANIZADOR

Junielson Soares da Silva

Wissen editora

2026

Pesquisas em Entomologia

aspectos gerais

VOLUME 5



ORGANIZADOR

Junielson Soares da Silva

Wissen editora
2026

Junielson Soares da Silva
Organizador

Pesquisas em Entomologia: aspectos gerais

Volume 5

Teresina-PI, 2026

©2026 *by* Wissen Editora
Copyright © Wissen Editora
Copyright do texto © 2026 Os autores
Copyright da edição © Wissen Editora
Todos os direitos reservados

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.

Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editores Chefe: Dr. Junielson Soares da Silva
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Dra. Denise dos Santos Vila Verde
Dra. Adriana de Sousa Lima

Projeto Gráfico e Diagramação: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Imagem da Capa: Canva / Inteligência Artificial

Edição de Arte: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Revisão: Os autores
O Organizador

Informações sobre a Editora
Wissen Editora
Homepage: www.editorawissen.com.br
Teresina – Piauí, Brasil
E-mail: wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:
@wisseneditora

EQUIPE EDITORIAL

Editores-chefes
Dr. Junielson Soares da Silva
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Dra. Denise dos Santos Vila Verde
Dra. Adriana de Sousa Lima

Equipe de arte e editoração
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Me. Isaquiel de Moura Ribeiro Azevedo

CONSELHO EDITORIAL
Ciências Agrárias e Multidisciplinar
Dr. Felipe Górski - Secretaria de Educação do Paraná (SEED/PR)
Dra. Patrícia Pato dos Santos - Universidade Anhanguera (Uniderp)
Dr. José Carlos Guimarães Júnior - Governo do Distrito Federal (DF)

Ciências Biológicas e da Saúde
Dra. Francijara Araújo da Silva - Centro Universitário do Norte (Uninorte)
Dra. Rita di Cássia de Oliveira Ângelo - Universidade de Pernambuco (UPE)
Dra. Ana Isabelle de Gois Queiroz - Centro Universitário Ateneu (UniAteneu)

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Dr. Allan Douglas Bento da Costa - Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Dra. Vania Ribeiro Ferreira - Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Dr. Agmar José de Jesus Silva – Secretaria de Educação do Amazonas (Seduc/AM)

Linguística, Letras e Artes
Dra. Conceição Maria Alves de A. Guisardi - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Dr. Danni Conegatti Batista – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Dr. Isael de Jesus Sena - Culture, Education, Formation, Travail (CIRCEFT)
Dra. Mareli Eliane Graupe - Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac)
Dr. Rodrigo Avila Colla - Rede Municipal de Ensino de Esteio, RS
Dra. Erika Giacometti Rocha Berribili - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Dr. Douglas Manoel Antonio De Abreu P. Dos Santos - Universidade de São Paulo (USP)
Dra. Aline Luiza de Carvalho - Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (FHEMIG)
Dr. José Luiz Esteves - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR)
Dr. Claudemir Ramos - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP)
Dra. Daniela Conegatti Batista – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Dr. Wilson de Lima Brito Filho - Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Dra. Cleonice Pereira do Nascimento Bittencourt- Universidade de Brasília (UnB)
Dr. Jonata Ferreira de Moura - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Dra. Renata dos Santos - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Conselho Técnico Científico

Dr. Anderson de Souza Gallo - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Dra. Antônia Alikaene de Sá - Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Ma. Talita Benedcta Santos Künast - Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Dra. Irene Suelen de Araújo Gomes – Secretaria de Educação do Ceará (Seduc /CE)
Ma. Tamires Oliveira Gomes - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)
Ma. Aline Rocha Rodrigues - União Das Instituições De Serviços, Ensino E Pesquisa LTDA (UNISEPE)
Me. Mauricio Pavone Rodrigues - Universidade Cidade de São Paulo (Unicid)
Esp. Rubens Barbosa Rezende – Faculdade UniFB
Me. Luciano Cabral Rios – Secretaria de Educação do Piauí (Seduc/PI)
Me. Jhenys Maiker Santos - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Dr. Francisco de Paula S. de Araújo Júnior – Instituto federal da Bahia (IFBA)
Ma. Anna Karla Barros da Trindade - Instituto Federal do Piauí (IFPI)
Dra. Elaine Fernanda dos Santos - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Ma. Lilian Regina Araújo dos Santos - Universidade do Grande Rio (Unigranrio)
Dra. Luziane Said Cometti Lélis - Universidade Federal do Pará (UFPA)
Ma. Márcia Antônia Dias Catunda - Devry Brasil
Ma. Marcia Rebeca de Oliveira - Instituto Federal da Bahia (IFBA)
Ma. Mariana Morais Azevedo - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Dra. Marlova Giuliani Garcia - Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
Ma. Rosana Maria dos Santos - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Ma. Rosana Wichineski de Lara de Souza - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Ma. Simone Ferreira Ângelo - Escola Família Agrícola de Belo Monte - MG
Ma. Suzel Lima da Silva - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Ma. Tatiana Seixas Machado Carpenter - Escola Parque
Me. Cássio Joaquim Gomes - Instituto Federal de Nova Andradina / Escola E. Manuel Romão
Me. Daniel Ordane da Costa Vale - Secretaria Municipal de Educação de Contagem
Me. Diego dos Santos Verri - Secretária da Educação do Rio Grande do Sul
Me. Fernando Gagno Júnior - SEMED - Guarapari/ES
Me. Grégory Alves Dionor - Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/ Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Me. Lucas Pereira Gandra - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); UNOPAR, Polo Coxim/MS
Dr. Lucas Peres Guimarães – Secretaria Municipal de Educação de Barra Mansa - RJ
Dr. Luiz Otávio Rodrigues Mendes - Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Me. Mateus de Souza Duarte - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Me. Milton Carvalho de Sousa Júnior - Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
Dr. Sebastião Rodrigues Moura - Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA)
Dr. Wanderson Diogo A. da Silva - Universidade Estadual do Ceará (UECE)
Ma. Heloisa Fernanda Francisco Batista - Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Ma. Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)

Dr. Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

Pesquisas em Entomologia: aspectos gerais
Volume 5

http://www.doi.org/10.52832/wed.225

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Pesquisas em entomologia [livro eletrônico]: aspectos gerais: volume 5 /Junielson Soares da Silva (organizador). -- 4. ed. -- Teresina, PI: Wissen Editora, 2026.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-6219-019-9
DOI 10.52832/wed.225

1. Animais (Zoologia) 2. Biologia 3. Entomologia - Pesquisa 4. Insetos I. Silva, Junielson Soares da.

26-412110.0 CDD-595.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Entomologia 595.7

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Informações sobre a Wissen Editora
Homepage: www.editorawissen.com.br
Teresina - Piauí, Brasil
E-mail: wisseneditora@gmail.com

Como citar ABNT: SILVA, Junielson Soares da. **Pesquisas em Entomologia: aspectos gerais**. v. 5, Teresina-PI: Wissen Editora, 2026. 126 p. DOI: http://www.doi.org/10.52832/wed.225

Teresina-PI, 2026

SOBRE O ORGANIZADOR

Junielson Soares da Silva



Mestre e doutor em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva (PPG-GCBEv), pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí, onde participou do Pibid. Especialista em Saúde Pública, e em Educação Ambiental pelo Instituto Superior de Educação São Judas Tadeu-ISESJT. Vem estudando o efeito tóxico, citotóxico, genotóxico e mutagênico de substâncias derivadas de plantas em mosquitos vetores de arboviroses (*Aedes aegypti* e *Ae. albopictus*). Tem experiência em metodologia de Ensino de Ciências da Natureza (Ciências e Biologia) e Formação de Professores. É editor-chefe de revistas científicas (Journal of Education, Science and Health JESH, Journal of Research in Medicine and Health JORMED, Revista Ensinar - RENSIN e Revista Base Científica) e da Wissen Editor.

APRESENTAÇÃO

A Entomologia, importante das Ciências Biológicas, contribui para a compreender o papel que os insetos desempenham. Esses organismos possuem funções indispensáveis nos ambientes naturais e nos sistemas produtivos, participando de processos como polinização, decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, controle biológico e manutenção das cadeias alimentares. Algumas espécies possuem relevância econômica, agrícola e sanitária, tornando indispensável o desenvolvimento de pesquisas voltadas ao conhecimento, monitoramento e manejo desses organismos.

Desse modo, o e-book **Pesquisas em Entomologia: aspectos gerais – Volume 5**, organizado pelo doutor **Junielson Soares da Silva**, reúne contribuições científicas que abordam diferentes perspectivas da Entomologia. Esses trabalhos aprovados e apresentados no VI Congresso Nacional de Entomologia On-line (VI CONAENT), abordam a diversidade, ecologia, morfologia, comportamento, interações entre organismos, controle de insetos-pragas, serviços ecossistêmicos e educação ambiental.

A obra apresenta onze capítulos que exploram uma diversidade de temas e contextos. Entre eles, destacam-se investigações sobre a biodiversidade de formigas edáficas e comunidades de abelhas sem ferrão no Pantanal Sul-Mato-Grossense; aspectos morfológicos e diferenciação de espécies de importância agrícola; estratégias de monitoramento de moscas-das-frutas em pomares; comunicação química entre plantas mediada pela herbivoria de insetos; e padrões de substituição e perda de táxons em comunidades de macroinvertebrados de igarapés amazônicos.

Também são contempladas pesquisas sobre moscas-das-frutas e seus parasitoides em pomares de cajá, a importância ecológica da polinização realizada por dípteros e o potencial fumigante de óleos essenciais no controle de insetos associados ao armazenamento de grãos. A coletânea amplia a discussão para as relações entre conservação da biodiversidade, governança ambiental e educação, incluindo ainda estudos sobre a percepção de estudantes do ensino médio acerca da importância das abelhas.

A diversidade temática dos capítulos evidencia a abrangência da Entomologia e sua relação com diferentes áreas do conhecimento, demonstrando que investigar os insetos significa também compreender processos ecológicos, desafios ambientais e possibilidades de desenvolvimento de estratégias sustentáveis para a conservação da biodiversidade e o manejo dos recursos naturais.

Esta obra representa uma oportunidade de compartilhamento de conhecimentos, experiências e perspectivas científicas, valorizando a produção acadêmica de pesquisadores de diferentes Instituições de Pesquisa do Brasil e contribuindo para a disseminação do conhecimento entomológico. Os estudos apresentados podem subsidiar novas investigações, estimular reflexões

e fortalecer o diálogo entre pesquisadores, estudantes, professores e profissionais interessados nas Ciências Biológicas e ambientais.

Esperamos que este quinto volume contribua para ampliar o interesse pela Entomologia, incentive novas pesquisas e fortaleça o compromisso com a produção e a divulgação científica, reconhecendo a importância dos insetos para a biodiversidade, o funcionamento dos ecossistemas e a sustentabilidade ambiental.

Boa leitura!

Junielson Soares da Silva

Organizador

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 15

BIODIVERSIDADE DE FORMIGAS EDÁFICAS EM FITOFISIONOMIAS DO PANTANAL SUL MATOGROSSENSE 15

Jussara Gonçalves Fonseca 15

Leandro Narcizo 15

Josué Raizer 1 15

DOI: 10.52832/wed.225.1341 15

CAPÍTULO 2 22

RELAÇÃO ESPÉCIE-ÁREA EM COMUNIDADES DE ABELHAS SEM FERRÃO (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) NO PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE 22

Miqueias S. Almeida 22

Izabelle G. A. Rossi 22

Thiago Ayandro 22

Heloize M. Santos 22

Pedro Henrique Ferreira Sobrinho 22

Diogo Vinícius Soares da Silva 22

DOI: 10.52832/wed.225.1342 22

CAPÍTULO 3 35

CARACTERES MORFOLÓGICOS DE *Diatraea saccharalis* E SUA DIFERENCIAÇÃO DE *Diatraea impersonatella*: UMA REVISÃO NARRATIVA 35

Tainá Oliveira Alves 35

David Luciano Rosalen 35

DOI: 10.52832/wed.225.1343 35

CAPÍTULO 4 51

MONITORAMENTO ESTRATÉGICO DE MOSCAS-DAS-FRUTAS EM POMARES DE GOIABA COM O USO DA ARMADILHA MCPHAIL 51

Leandro Lima Narcizo 51

Thais Rodrigues dos Santos 51

Liz Maria Matilde Duarte Gimene 51

DOI: 10.52832/wed.225.1344 51

CAPÍTULO 5 59

COMUNICAÇÃO QUÍMICA ENTRE PLANTAS MEDIADA PELA HERBIVORIA DE INSETOS: APLICAÇÕES NO MANEJO INTEGRADO DE INSETOS-PRAGAS 59

Thais Silva de Souza 59

Silvana Aparecida de Souza 59

Isabella Maria Monteiro Pompeu Padial 59
José Vinícius Conceição da Cruz 59
Matheus Gonçalves Camargo 59
Evellen dos Santos Resende 59
Ellen Vitória Araújo dos Santos 59
Rosilda Mara Mussury 59
DOI: 10.52832/wed.225.1345 59
CAPÍTULO 6 68
SUBSTITUIÇÃO E PERDA ORDENADA DE TÁXONS EM ASSEMBLEIAS DE MACROINVERTEBRADOS DE IGARAPÉS DE ALTITUDE DA AMAZÔNIA ORIENTAL 68
Jaqueline Silva de Oliveira 68
Renan Marques Siqueira 68
Fábio Renan Miranda da Silva 68
Maria Eduarda Cabral Liberal 68
Camila Pinto Leão 68
Bruno Spacek Godoy 68
DOI: 10.52832/wed.225.1346 68
CAPÍTULO 7 78
MOSCAS-DAS-FRUTAS E SEUS PARASITOIDES EM POMAR COMERCIAL DE CAJÁ (*Spondias mombin* L.) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ, BRASIL: REFLEXÕES SOBRE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS 78
Amanda Júlia Dias Santos 78
Almerinda Amélia Rodrigues Araújo 78
Roseli Farias Melo de Barros 78
Paulo Roberto Ramalho Silva 78
DOI: 10.52832/wed.225.1347 78
CAPÍTULO 8 91
POLINIZAÇÃO POR DÍPTEROS EM SÍNDROMES FLORAIS: FAMÍLIAS ENVOLVIDAS, ADAPTAÇÕES FLORAIS E IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA 91
Rafaela Corrêa Saldanha 91
Eduarda dos Santos Bataglin 91
Maria Luísa Gindri Rosa 91
DOI: 10.52832/wed.225.1348 91
CAPÍTULO 9 100

ATIVIDADE FUMIGANTE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Rosmarinus officinalis* SOBRE *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae) EM GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS 100

Leonardo Prado Leal 100

Francisco Hugo Cavalcante Neto 100

Douglas Rafael e Silva Barbosa 100

Rodrigo de Carvalho Brito 100

Lúcia da Silva Fontes 100

DOI: 10.52832/wed.225.1349 100

CAPÍTULO 10 107

DA CONSERVAÇÃO LOCAL À GOVERNANÇA GLOBAL: O PAPEL DA EDUCAÇÃO E DA BIODIVERSIDADE NA AMAZÔNICA 107

Jussara Gonçalves Fonseca 107

DOI: 10.52832/wed.225.1350 107

CAPÍTULO 11 115

PERCEPÇÃO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO SOBRE ABELHAS NO MUNICÍPIO DE AREIA DE BARAÚNAS, PB 115

Gleidson Natan de Lima 115

Damara Soweto Oliveira Ferreira da Silva 115

Rozileudo da Silva Guedes 115

DOI: 10.52832/wed.225.1351 115

CAPÍTULO 1

BIODIVERSIDADE DE FORMIGAS EDÁFICAS EM FITOFISIONOMIAS DO PANTANAL SUL MATOGROSSENSE

Jussara Gonçalves Fonseca
Doutoranda em Entomologia e Conservação da Biodiversidade/UFGD, Brasil

Leandro Narcizo
Doutorando em Entomologia e Conservação da Biodiversidade/UFGD, Brasil

Josué Raizer
Doutor em Ecologia/Unicamp, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1341



Resumo: A estrutura da vegetação atua como um determinante fundamental na organização de comunidades de artrópodes edáficos. O presente estudo avaliou a diversidade de formigas em diferentes fitofisionomias do Pantanal sul-mato-grossense, comparando áreas de borda e interior de mata fragmentada no município de Ladário, MS. A amostragem ocorreu em novembro, utilizando armadilhas de queda. A análise revelou que a fitofisionomia de Borda de Mata suportou a maior densidade (6.069 indivíduos) e riqueza (oito gêneros), enquanto a Área Fragmentada abrigou apenas três gêneros. Os resultados demonstram que ambientes com maior complexidade estrutural mantêm comunidades mais diversas de . Por outro lado, fragmentos florestais simplificados abrigam predominantemente táxons generalistas. Conclui-se que a heterogeneidade do habitat constitui um fator crítico para a conservação da mirmecofauna pantaneira, ressaltando a importância de avaliar a composição taxonômica em estudos de monitoramento ambiental.

Palavras-chave: Bioindicadores. Conservação. Ecossistema de transição. Mirmecofauna. Pantanal.

1 INTRODUÇÃO

A planície inundável do Pantanal guarda uma biodiversidade impressionante, marcada pelo encontro e pela influência direta de biomas vizinhos como Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Chaco (Silva *et al.*, 2023). Essa riqueza se reflete em uma paisagem plural, que varia de campos abertos a formações florestais densas e comunidades vegetais monoespecíficas — a exemplo do Cambarazal (*Vochysia divergens*), do Pirizal (*Cyperus giganteus*) e do Canjiqueiral (*Byrsonima orbignyana*) (Pott *et al.*, 2021). Nesse cenário, a dinâmica das águas funciona como o grande motor ecológico, selecionando espécies e moldando a estrutura de toda a comunidade biológica.

Quando o assunto é monitorar a saúde desses ecossistemas e de suas zonas de transição, os insetos surgem como aliados indispensáveis. Trabalhos recentes (Baccaro *et al.*, 2023; Ribeiro *et al.*, 2024) confirmam que esses invertebrados sentem rapidamente os impactos de intervenções ambientais, servindo como um termômetro preciso para alterações no microclima e na cobertura vegetal.

Nesse grupo, as formigas (Hymenoptera: Formicidae) ganham protagonismo nas pesquisas ecológicas. Elas estão por toda parte, somam populações expressivas e reagem com alta sensibilidade a qualquer alteração no habitat (Andersen, 2021). A mirmecofauna que habita o solo responde de forma muito clara a episódios de fragmentação florestal, à entrada de espécies invasoras e às mudanças na ocupação da terra, o que faz desse grupo um excelente indicador para guiar ações de conservação.

Afinal, quando um habitat natural é fragmentado, a perda de área e o isolamento das populações desorganizam a dinâmica das comunidades de artrópodes. Em zonas de transição como o Pantanal sul-mato-grossense, esses impactos colocam a biodiversidade local em risco. A literatura mostra que retirar a cobertura florestal acaba simplificando a comunidade do solo: grupos

generalistas e mais resistentes ganham espaço, enquanto os especialistas de mata acabam desaparecendo (Oliveira *et al.*, 2022).

Entendendo o Pantanal como um *hotspot* de biodiversidade cada vez mais pressionado pelo avanço da agropecuária e pelas extremidades climáticas (Marengo *et al.*, 2021), investigar esses organismos torna-se fundamental. Mapear como a fauna de formigas se distribui pelas diferentes fisionomias vegetais gera dados concretos para embasar o manejo e a proteção da região.

Diante disso, este trabalho buscou investigar a diversidade e a estrutura da comunidade de formigas edáficas em áreas de borda e no interior de uma mata fragmentada no município de Ladário, MS.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O estudo foi conduzido em remanescentes florestais localizados no município de Ladário, Mato Grosso do Sul (19°00' S, 57°36' W), em uma zona de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica. O clima local é do tipo tropical sazonal (Aw segundo a classificação de Köppen), marcado por verões quentes e chuvosos e invernos secos, com precipitação média anual variando de 1.200 a 1.800 mm (Alvares *et al.*, 2013). Essa sazonalidade hídrica afeta diretamente a dinâmica da vegetação e dita os padrões de distribuição da fauna associada.

2.2 Coleta de Dados

As amostragens ocorreram durante o mês de novembro em duas áreas contrastantes: o interior de uma mata fragmentada e uma área de borda. Para a amostragem da mirmecofauna edáfica, foram instaladas 10 armadilhas de queda (*pitfalls*) em cada ambiente. Os recipientes de 500 mL foram enterrados ao nível do solo contendo água e detergente neutro para a captura dos espécimes. Após 48 horas em campo, o material foi recolhido e triado. Em seguida, as formigas foram separadas dos demais artrópodes e armazenadas em frascos com álcool 70% para posterior identificação.

2.3 Identificação e Processamento

O processamento do material ocorreu na Base de Estudos do Pantanal (UFMS). Os formicídeos foram montados em alfinetes entomológicos, etiquetados com as informações de procedência e examinados sob estereomicroscópio. A identificação até o nível de gênero seguiu a chave taxonômica especializada de Baccaro *et al.* (2015).

2.4 Análise dos Dados

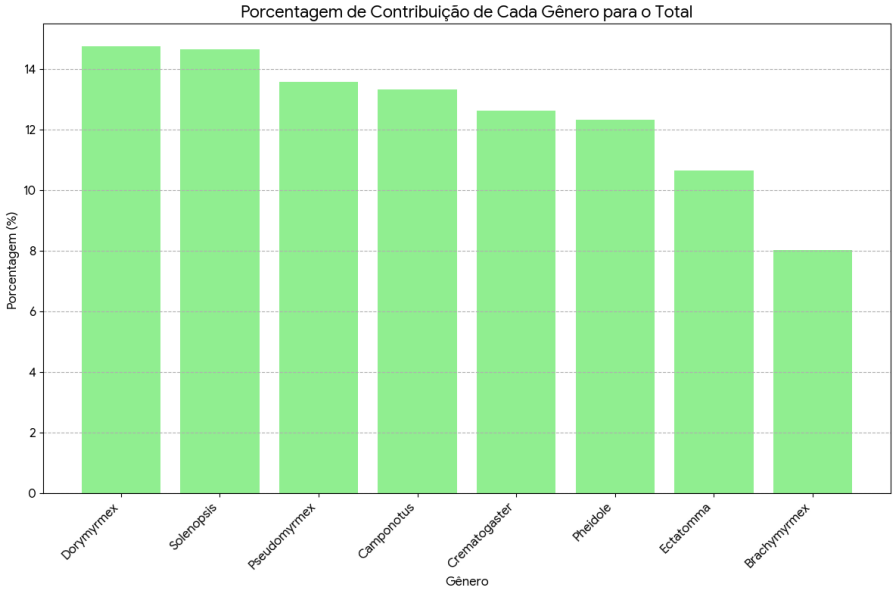
Os dados de abundância e riqueza foram tabulados no Microsoft Excel. A composição das comunidades foi avaliada a partir da frequência relativa de cada gênero por fitofisionomia. Para a comparação entre os ambientes, considerou-se a abundância total e a riqueza de gêneros registrados. Por fim, a estrutura da comunidade foi analisada graficamente para demonstrar os padrões de dominância e a substituição de táxons entre a borda e o fragmento florestal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, capturamos 6.069 formigas distribuídas entre os diferentes grupos amostrados, figura 1. A borda de mata reuniu tanto a maior quantidade de indivíduos quanto a maior diversidade, somando oito gêneros. A literatura mostra que locais com serapilheira mais espessa e vegetação estruturada tendem a abrigar comunidades mais ricas de invertebrados de solo (Camargo *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2020).

Essa concentração expressiva na borda decorre, em grande medida, do acúmulo de matéria orgânica e da oferta contínua de abrigo e alimento. A combinação de sombra e umidade no micro-habitat cria condições favoráveis para o estabelecimento e a manutenção das colônias (Oliveira *et al.*, 2021).

Figura 1 – Composição dos gêneros de Formicidae sob diferentes fitofisionomias.

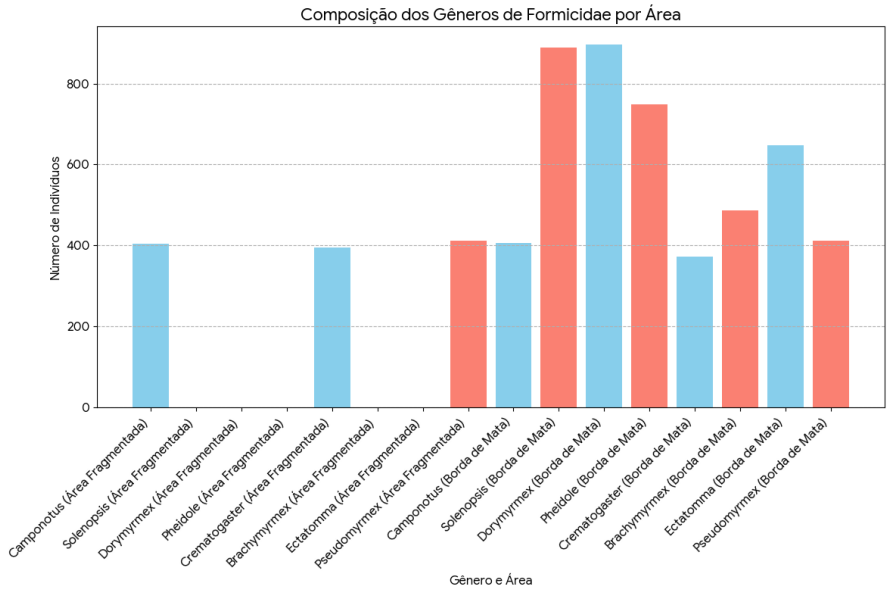


Fonte: Autores, 2026.

Identificamos variações marcantes na composição das espécies entre os dois pontos de coleta, figura 2. A borda concentrou táxons exclusivos, como *Solenopsis*, *Dorymyrmex*, *Pheidole*, *Brachymyrmex* e *Ectatomma*. Já a área fragmentada apresentou uma comunidade bem mais simplificada, restrita a *Camponotus*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex*.

A permanência de *Camponotus*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex* na área perturbada reflete a forte capacidade de adaptação desses grupos. Por serem generalistas, tais formigas suportam oscilações de temperatura e a escassez de recursos comuns em ambientes degradados (Rocha et al., 2021). Por outro lado, chama a atenção o sumiço de *Dorymyrmex* e *Solenopsis* no fragmento (Figura 2), justamente os gêneros mais abundantes na borda. Isso indica que as alterações na estrutura da mata funcionam como um filtro ambiental severo, inviabilizando a permanência de linhagens mais sensíveis.

Figura 2 – Composição dos Gêneros de Formicidae por Área.



Fonte: Autores, 2026.

O padrão de dominância também mudou bastante entre as áreas. Enquanto *Dorymyrmex*, *Solenopsis* e *Pheidole* predominaram na borda (Figura 2), a área fragmentada ficou amplamente dominada por *Pseudomyrmex*. Essa troca de táxons evidencia a reorganização da comunidade em resposta ao grau de conservação do habitat (Ferreira *et al.*, 2019).

Pesquisas em biomas neotropicais confirmam que a complexidade da vegetação regula a diversidade da fauna de artrópodes (Ribas *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2022). A cobertura vegetal interfere diretamente na luz que atinge o solo e na retenção de água no substrato. Como a dessecação é um dos principais fatores limitantes para pequenos invertebrados, locais que preservam a umidade mantêm maior riqueza e atividade de forrageamento ao longo do tempo (Andersen, 2021; Silva *et al.*, 2023).

4 CONCLUSÃO

A qualidade e a preservação do habitat funcionam como fatores determinantes para a organização das comunidades de formigas de solo no Pantanal. Locais de borda, que contam com maior heterogeneidade e densidade na vegetação, conseguem sustentar uma mirmecofauna muito mais rica e populosa do que trechos florestais fragmentados. Nesses ambientes degradados, a fauna fica restrita quase exclusivamente a táxons generalistas e de alta plasticidade ecológica.

Os resultados confirmam que a perda de complexidade estrutural no ambiente reduz a diversidade de Formicidae. Para compreender melhor essas oscilações ao longo do ano, recomendamos a realização de amostragens sazonais que considerem a variação entre os períodos de cheia e seca. Por fim, as ações de conservação voltadas para o Pantanal devem focar na preservação de remanescentes com vegetação diversa e estruturada, garantindo a manutenção da biodiversidade dos artrópodes terrestres.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, A. N. Responses of ant communities to disturbance: Five principles for bioindication. **Biological Conservation**, v. 257, p. 109121, 2021.

CAMARGO, R. X.; SILVA, R. R.; MORINI, M. S. C. Ant diversity in forest edges and interiors: structural complexity and litter effects. **Sociobiology**, v. 65, n. 3, p. 412-420, 2018.

FERREIRA, A. B.; RIBAS, C. R.; SCHMIDT, F. A. Habitat filtering and ant community structure in fragmented landscapes of Neotropical biomes. **Insect Conservation and Diversity**, v. 12, n. 4, p. 310-319, 2019.

OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, J. P.; COSTA, M. S. Litter heterogeneity as a driver of ant diversity and microclimate regulation in tropical forests. **Ecological Entomology**, v. 46, n. 2, p. 245-255, 2021.

RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Structural complexity driven ant richness in Neotropical forests: implications for conservation. **Biotropica**, v. 53, n. 1, p. 112-121, 2021.

ROCHA, W. D.; DATTILO, W.; CAMPOS, R. I. Ecological plasticity of generalist ants in edge habitats and degraded landscapes. **Environmental Entomology**, v. 50, n. 5, p. 1015-1025, 2021.

SANTOS, J. P.; NOGUEIRA, A.; MORINI, M. S. C. Soil fauna bioindicators in fragmented ecosystems: sensitivity of ant guilds to habitat simplification. **Applied Soil Ecology**, v. 151, p. 103541, 2020.

SILVA, R. R.; FEITOSA, R. M.; BRANDÃO, C. R. F. Microclimate and desiccation tolerance in tropical ants: physiological constraints across habitat gradients. **Journal of Animal Ecology**, v. 92, n. 3, p. 580-591, 2023.

SOUZA, J. L.; BACCARO, F. B.; FRANKLIN, E. Ant species turnover across vegetation gradients and soil types in Neotropical wetlands. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 2, p. 201-211, 2022.

CAPÍTULO 2

RELAÇÃO ESPÉCIE-ÁREA EM COMUNIDADES DE ABELHAS SEM FERRÃO (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) NO PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE

Miqueias S. Almeida
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

Izabelle G. A. Rossi
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

Thiago Ayandro
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

Heloize M. Santos
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

Pedro Henrique Ferreira Sobrinho
Universidade Federal do ABC (UFABC), Brasil

Diogo Vinícius Soares da Silva
Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1342



Resumo: A estrutura espacial dos habitats influencia diretamente a organização das comunidades biológicas, especialmente em ecossistemas sazonalmente inundáveis, como o Pantanal. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a relação entre o tamanho das áreas e a diversidade de abelhas sem ferrão (Meliponini) na Área de Proteção Ambiental Baía Negra, Pantanal Sul-Mato-Grossense. Foram selecionadas dez áreas naturais com tamanhos variando entre 25 m² e 3000 m², distribuídas a pelo menos 500 metros entre si. As coletas foram realizadas por meio de busca ativa utilizando rede entomológica, registrando indivíduos em atividade de voo, forrageamento ou associados a colônias. A riqueza de espécies, os índices de diversidade de Shannon e Simpson foram utilizados como métricas ecológicas, sendo analisados por regressão linear simples utilizando o logaritmo do tamanho da área como variável preditora. Foram registrados 34 espécimes distribuídos em sete morfoespécies e uma espécie identificada. Os resultados demonstraram tendência positiva entre riqueza e tamanho da área, embora sem significância estatística. Em contrapartida, a diversidade de Shannon apresentou relação positiva significativa com o aumento da área, enquanto o índice de Simpson apresentou tendência à significância estatística. De modo geral, áreas maiores sustentaram comunidades mais diversas, equilibradas e menos dominadas por poucas espécies. Além disso, algumas espécies ocorreram exclusivamente nas maiores áreas amostradas, sugerindo maior sensibilidade às variações ambientais. Os resultados reforçam a importância de áreas naturais mais extensas para manutenção da diversidade de Meliponini em ambientes pantaneiros.

Palavras-chave: Biogeografia de Ilhas. Diversidade Biológica. Ecossistemas Inundáveis. Estrutura de Comunidades. Polinizadores.

1 INTRODUÇÃO

A distribuição espacial dos habitats constitui um dos principais fatores responsáveis pela organização das comunidades biológicas, influenciando padrões de riqueza, diversidade e persistência das espécies em diferentes ecossistemas (MacArthur; Wilson, 1967; Fahrig, 2013). Em paisagens naturais, áreas maiores tendem a apresentar maior heterogeneidade ambiental, maior disponibilidade de recursos e maior diversidade de microhábitats, favorecendo o estabelecimento e a coexistência de espécies (Arrhenius, 1921; Brown; Lomolino, 2006). Esse padrão ecológico, conhecido como relação espécie-área, representa uma das bases conceituais mais importantes da ecologia de comunidades e da biogeografia, sendo amplamente utilizado para compreender como fatores espaciais estruturam a biodiversidade (Triantis *et al.,* 2012).

Em sistemas sazonalmente inundáveis, como o Pantanal, a dinâmica espacial dos habitats torna-se ainda mais complexa em decorrência do pulso anual de inundação, considerado um dos principais processos estruturadores desses ambientes (Junk *et al.,* 2011; Cipola *et al.,* 2022). As cheias promovem alterações contínuas na vegetação, na disponibilidade de recursos e na configuração da paisagem, originando mosaicos ambientais que diferem em área, conectividade e estrutura ecológica (Tockner *et al.*, 2010). Essas variações ambientais influenciam diretamente a distribuição e a persistência de diferentes grupos de organismos, especialmente insetos terrestres, que frequentemente necessitam desenvolver estratégias de sobrevivência frente aos ciclos hidrológicos (Adis, 1997; Aranda; Aoki, 2018). Estudos realizados no Pantanal demonstram que o histórico e a

intensidade das inundações podem atuar como importantes filtros ambientais para comunidades de Hymenoptera, influenciando riqueza, abundância e composição das espécies ao longo do gradiente de inundação (Boff *et al.*, 2013; Aranda; Aoki, 2018; Cipola *et al.,* 2022).

As respostas das comunidades biológicas a essas variações espaciais dependem fortemente das características ecológicas dos organismos considerados (Williams *et al.*, 2010; Ostwald *et al.,* 2024). Entre os Hymenoptera, as abelhas sem ferrão (Meliponini) constituem um grupo particularmente interessante para investigar os efeitos da estrutura espacial dos habitats, uma vez que dependem simultaneamente da disponibilidade de recursos florais, locais adequados para nidificação e conectividade da paisagem para deslocamento e forrageamento (Nogueira-Neto, 1997; Menezes *et al.,* 2023). Além disso, mudanças na estrutura ambiental podem influenciar diretamente a ocorrência e a diversidade dessas abelhas, especialmente em ambientes sujeitos a variações hidrológicas sazonais (Kloc *et al.*, 2019; Corrêa-Neto *et al.,* 2024a). Apesar da diversidade de Hymenoptera registrada no Pantanal, ainda existem poucas informações sobre como comunidades de abelhas respondem à variação do tamanho das áreas nesse bioma, sendo os inventários ainda considerados insuficientes para compreender plenamente a distribuição da fauna regional (Nogueira *et al.,* 2023).

Diante desse contexto, surge a necessidade de investigar se ambientes maiores sustentam comunidades mais ricas e diversas de abelhas sem ferrão em áreas de diferentes tamanhos no bioma Pantanal. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre o tamanho da área e a diversidade de abelhas sem ferrão em ambientes naturais do Pantanal Sul-Mato-Grossense. Partiu-se da hipótese de que áreas maiores apresentam maior riqueza e maior diversidade de espécies de Meliponini devido ao aumento da heterogeneidade ambiental, da disponibilidade de recursos e da oferta de locais adequados para nidificação e manutenção das populações.

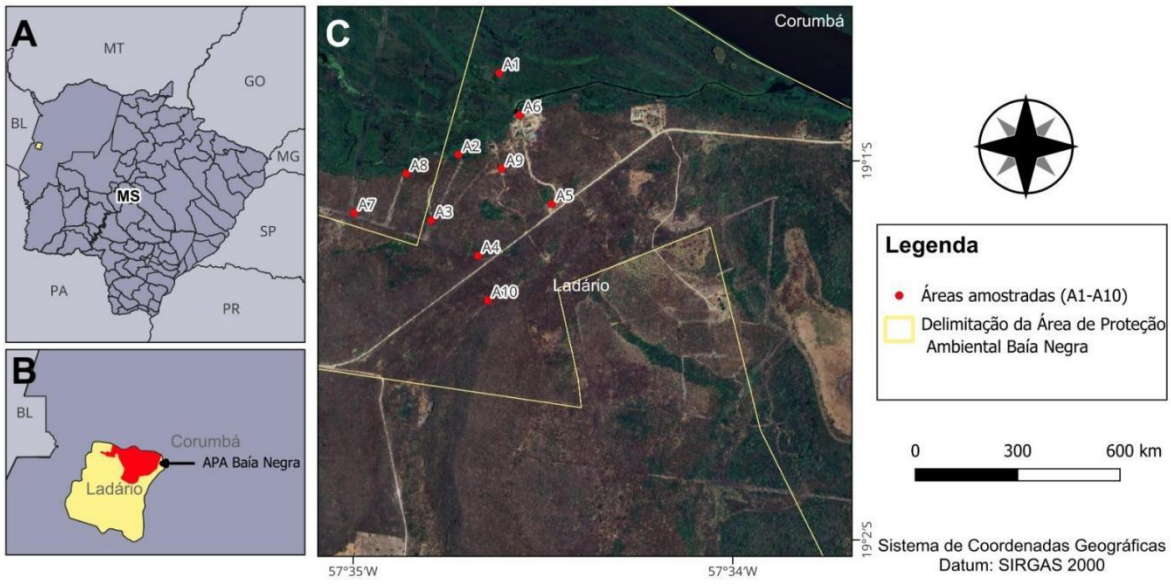
2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental (APA) Baía Negra, localizada no município de Ladário, Mato Grosso do Sul, Brasil, região inserida no Pantanal Sul-Mato-Grossense em novembro de 2025. A área caracteriza-se pela influência do pulso sazonal de inundação, considerado um dos principais fatores responsáveis pela elevada heterogeneidade ambiental desses ecossistemas (Aranda; Aoki, 2018; Cipola *et al.,* 2022). Como consequência, a paisagem é composta por mosaicos de vegetação que diferem em estrutura, disponibilidade de recursos e extensão espacial.

Foram selecionadas dez áreas naturais com diferentes tamanhos (Figura 1), visando representar um gradiente espacial de disponibilidade de habitat. As áreas apresentaram dimensões de 25 m² (Área 1), 50 m² (Área 2), 100 m² (Área 3), 200 m² (Área 4), 300 m² (Área 5), 500 m² (Área 6), 800 m² (Área 7), 1.200 m² (Área 8), 2.000 m² (Área 9) e 3.000 m² (Área 10). As dimensões das áreas foram mensuradas em campo no momento das amostragens. As áreas amostradas foram distribuídas de forma que cada unidade estivesse localizada a pelo menos 500 m das demais, minimizando efeitos de autocorrelação espacial e garantindo maior independência entre as amostras.

Figura 1 – Localização das áreas amostradas na Área de Proteção Ambiental Baía Negra, Pantanal Sul-Mato-Grossense. A) Estado de Mato Grosso do Sul, B) Localização da APA Baía Negra, C) Distribuição das Áreas amostradas.



Fonte: Autores, 2026.

2.2 Coleta de dados

As coletas foram realizadas por meio de busca ativa utilizando rede entomológica durante três dias, percorrendo-se toda a extensão das áreas amostradas em busca de indivíduos em atividade de voo, forrageamento ou associados a colônias. Como as áreas apresentavam diferentes tamanhos, o tempo de busca variou proporcionalmente à dimensão de cada área, visando garantir cobertura semelhante entre as unidades amostrais.

Os indivíduos coletados foram acondicionados em microtubos do tipo Eppendorf contendo álcool 70% e posteriormente identificados utilizando literatura taxonômica especializada para Meliponini (Silveira *et al.,* 2002; Oliveira *et al.*, 2013).

2.3 Análise de dados

A riqueza de espécies foi obtida a partir do número total de espécies registradas em cada área amostrada. Também foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H') e Simpson (1-D). O índice de Shannon considera simultaneamente a riqueza e a uniformidade na distribuição das espécies, enquanto o índice de Simpson mede a dominância ecológica e a uniformidade das comunidades.

Além disso, foi calculada a frequência de ocorrência das espécies, considerando o número de áreas em que cada espécie foi registrada em relação ao total de pontos amostrados. A relação entre o tamanho das áreas e as métricas de diversidade foi investigada com base na relação espécie-área proposta por Arrhenius (1921), segundo a qual áreas maiores tendem a sustentar maior diversidade biológica.

Para reduzir a assimetria dos dados e linearizar a relação entre as variáveis, os valores de área foram transformados em logaritmo na base 10 [log10(x)]. Em seguida, foram ajustados modelos de regressão linear simples utilizando a riqueza de espécies, o índice de Shannon e o índice de Simpson como variáveis resposta, e o logaritmo do tamanho da área como variável preditora. O índice de Simpson foi calculado manualmente a partir da proporção de ocorrência das espécies em cada área, evitando inconsistências associadas a comunidades sem registros de espécies.

Também foram construídos gráficos de dispersão contendo linhas de regressão e intervalos de confiança de 95% para visualização dos padrões observados. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2025), utilizando os pacotes "vegan" para cálculo dos índices de diversidade e "ggplot2" para construção dos gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas dez áreas avaliadas foram registrados 34 espécimes de Meliponini, representados por sete morfoespécies e uma espécie identificada. *Tetragonisca* sp. e *Trigona* sp. destacaram-se como as espécies mais frequentes nas áreas amostradas, enquanto *Plebeia* sp.1 e *Plebeia* sp.2 ocorreram exclusivamente na maior área avaliada (3000 m²). Além disso, *Melipona orbignyi* foi registrada apenas em áreas relativamente maiores (800 m² e 3000 m²), indicando possível associação com ambientes mais extensos e estruturalmente complexos (Tabela 1).

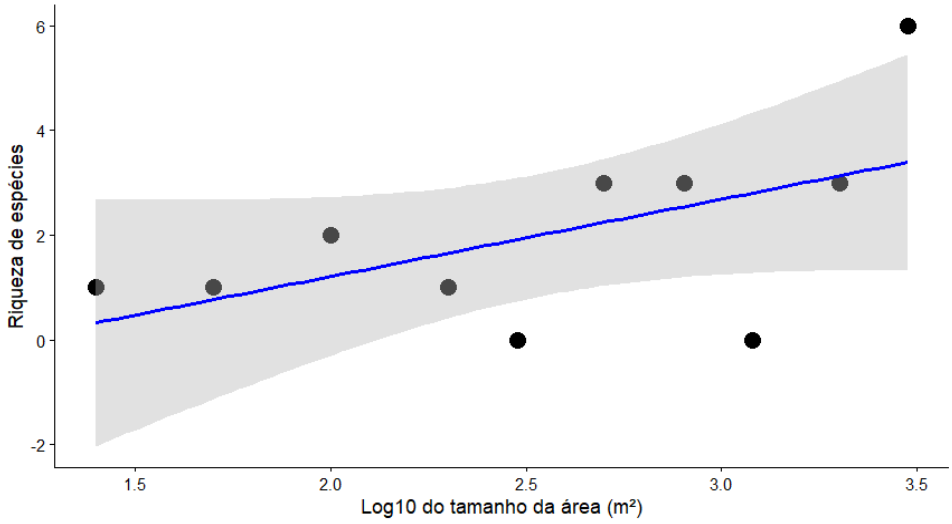
Tabela 1 – Frequência de ocorrência e distribuição das espécies de abelhas sem ferrão registradas nos diferentes tamanhos de áreas amostradas na APA Baía Negra, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Espécie/Morfoespécie	Áreas de ocorrência (N)	Frequência de ocorrência (%)	Áreas de ocorrência (m²)
Tetragonisca sp.	4	40	100; 500; 800; 2000
Trigona sp.	4	40	25; 500; 800; 2000
Trigona sp.1	3	30	50; 2000; 3000
Plebeia sp.	2	20	100; 500
Melipona orbignyi (Guérin, 1844)	2	20	800; 3000
Plebeia sp.1	1	10	3000
Plebeia sp.2	1	10	3000
Scaptotrigona sp.	1	10	200

Nota: N = número de áreas amostrais em que cada espécie foi registrada; % = frequência de ocorrência em relação ao total de áreas avaliadas (N = 10); m² = metros quadrados das áreas amostradas.
Fonte: Autores, 2026.

A riqueza de espécies de Meliponini apresentou tendência positiva em relação ao aumento do tamanho das áreas amostradas (Figura 2). Observou-se que áreas maiores tendem a abrigar maior número de espécies, enquanto áreas menores apresentaram baixa riqueza ou ausência de registros. O modelo linear indicou aumento da riqueza com o incremento do logaritmo da área ($\beta = 1{,}476$), embora sem significância estatística ao nível de 5% ($p = 0{,}094$). O tamanho da área explicou aproximadamente 31% da variação observada na riqueza das comunidades ($R^2 = 0{,}31$), sugerindo que outros fatores ambientais também podem influenciar a distribuição das espécies nos ambientes amostrados.

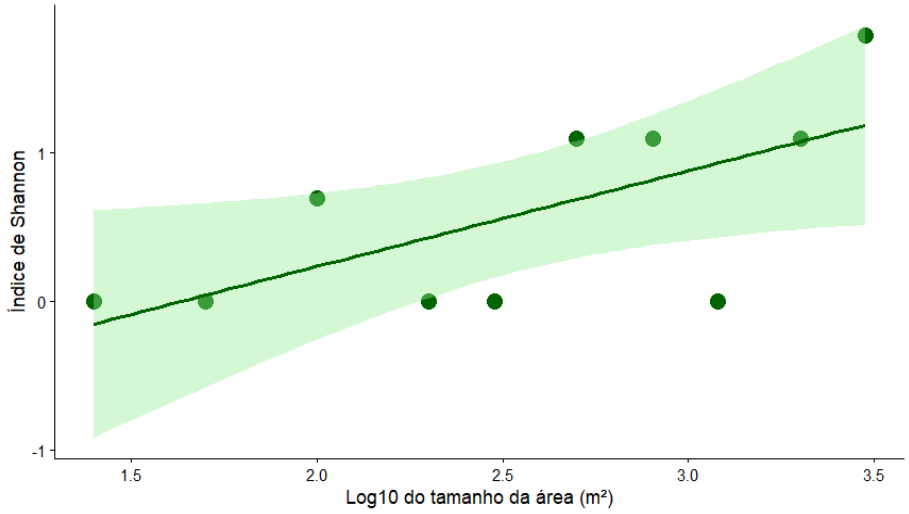
Figura 2 – Relação entre o logaritmo do tamanho das áreas e a riqueza de espécies de abelhas sem ferrão na APA Baía Negra, Pantanal Sul-Mato-Grossense.



Fonte: Autores, 2026.

O índice de diversidade de Shannon, que considera simultaneamente a riqueza de espécies e a uniformidade na distribuição dos registros entre as espécies, apresentou relação positiva com o aumento do tamanho das áreas amostradas (Figura 3). Observou-se que as menores áreas apresentaram baixos valores de diversidade, enquanto as maiores áreas concentraram os maiores valores registrados de Shannon. O modelo linear ajustado indicou coeficiente positivo entre diversidade e logaritmo da área ($\beta = 0{,}644$), demonstrando aumento gradual da diversidade de Meliponini ao longo do gradiente de área. A relação foi estatisticamente significativa ($p = 0{,}034$), e o modelo explicou aproximadamente 44% da variação observada nos valores de diversidade ($R^2 = 0{,}44$).

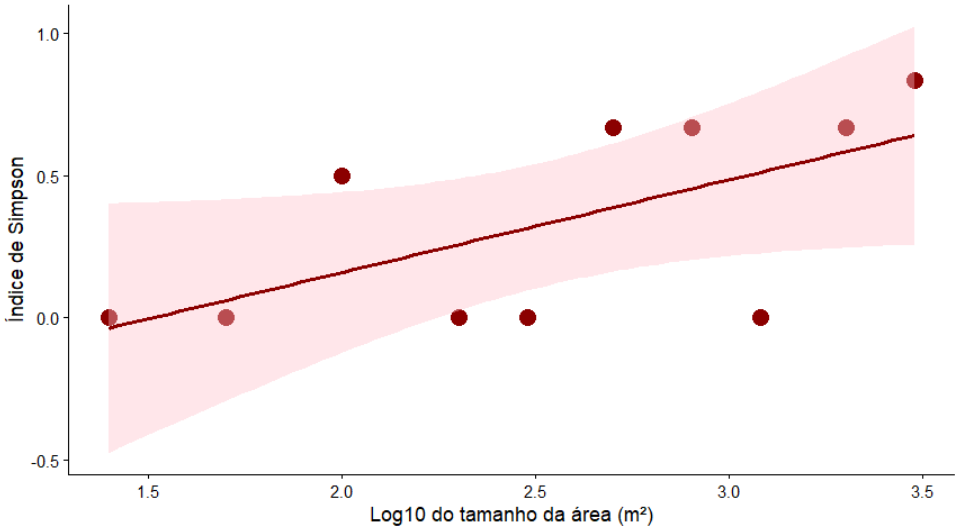
Figura 3 – Relação entre o logaritmo do tamanho das áreas e a diversidade de Shannon das comunidades de abelhas sem ferrão na APA Baía Negra, Pantanal Sul-Mato-Grossense.



Fonte: Autores, 2026.

O índice de diversidade de Simpson, que mede a dominância e a uniformidade das espécies na comunidade, apresentou relação positiva com o aumento do tamanho das áreas amostradas (Figura 4). As menores áreas apresentaram baixos valores de diversidade, enquanto as maiores áreas concentraram os maiores valores registrados de Simpson. O modelo linear indicou coeficiente positivo entre o índice de Simpson e o logaritmo da área ($\beta = 0{,}325$), demonstrando aumento gradual da diversidade ao longo do gradiente de área. A relação apresentou tendência à significância estatística ($p = 0{,}054$), e o modelo explicou aproximadamente 38% da variação observada nos índices de diversidade ($R^2 = 0{,}38$).

Figura 4 – Relação entre o logaritmo do tamanho das áreas e a diversidade de Simpson das comunidades de abelhas sem ferrão na APA Baía Negra, Pantanal Sul-Mato-Grossense.



Fonte: Autores, 2026.

Os resultados obtidos demonstraram que o aumento do tamanho das áreas esteve associado ao incremento da diversidade das comunidades de Meliponini na APA Baía Negra, corroborando parcialmente as previsões da Teoria da Biogeografia de Ilhas proposta por MacArthur e Wilson (1967). Segundo essa teoria, áreas maiores tendem a sustentar maior diversidade biológica em razão da maior disponibilidade de recursos, maior heterogeneidade ambiental e menores probabilidades de extinção local. Embora a relação entre riqueza de espécies e tamanho da área tenha apresentado apenas tendência à significância estatística, os índices de diversidade de Shannon e Simpson apresentaram relações positivas mais consistentes com o aumento da área, indicando que áreas maiores não apenas concentram mais espécies, mas também sustentam comunidades estruturalmente mais equilibradas e menos dominadas por poucas espécies. Padrões semelhantes têm sido registrados em diferentes comunidades de insetos em ambientes tropicais, nos quais métricas de diversidade frequentemente respondem de maneira mais sensível às alterações ambientais do que a riqueza isoladamente (Brown; Lomolino, 2006; Fahrig, 2013).

A diferença observada entre os resultados de riqueza e diversidade sugere que o efeito da área sobre as comunidades de Meliponini ocorre principalmente por meio da organização ecológica das espécies e da distribuição de abundâncias dentro das comunidades (Triantis *et al.,* 2012). Índices como Shannon e Simpson são particularmente sensíveis à uniformidade ecológica e à dominância das espécies, refletindo alterações estruturais que nem sempre são detectadas apenas pelo número total de espécies (Magurran, 2013). Dessa forma, mesmo em situações onde a riqueza varia pouco entre áreas, mudanças na distribuição relativa das espécies podem indicar alterações importantes

na estabilidade e complexidade ecológica das comunidades. Esse padrão sugere que áreas maiores da APA Baía Negra proporcionam condições mais favoráveis para coexistência entre espécies de Meliponini, reduzindo processos de dominância ecológica e favorecendo maior equilíbrio na composição das comunidades.

Esse resultado pode estar associado à maior heterogeneidade ambiental presente em áreas mais extensas, que provavelmente apresentam maior diversidade de recursos florais, disponibilidade de cavidades para nidificação e maior estabilidade microclimática (Kloc *et al.,* 2019; Vilhena *et al.,* 2017). Estudos demonstram que a heterogeneidade ambiental exerce forte influência sobre comunidades de abelhas em ambientes tropicais, especialmente em ecossistemas sazonalmente inundáveis, onde pequenas variações estruturais da vegetação podem alterar significativamente a disponibilidade de recursos ao longo do tempo (Winfree *et al.,* 2011; Kennedy *et al.,* 2013; Boff *et al.*, 2013; Aranda; Aoki, 2018; Cipola *et al.,* 2022). Corrêa-Neto *et al.* (2024a), ao investigarem comunidades de abelhas em florestas costeiras da Amazônia, observaram que ambientes com maior heterogeneidade da paisagem sustentaram maiores valores de abundância, riqueza e diversidade de abelhas, evidenciando a importância da complexidade estrutural da paisagem para manutenção desses polinizadores. Resultados semelhantes também foram observados em áreas de várzea no sul do Brasil, onde comunidades de abelhas apresentaram elevada diversidade associada à heterogeneidade estrutural dos ambientes inundáveis (Kloc *et al.,* 2019).

Além da heterogeneidade espacial, a dinâmica hidrológica típica do Pantanal provavelmente exerce papel fundamental na estruturação das comunidades registradas. O pulso sazonal de inundação é reconhecido como um dos principais processos ecológicos responsáveis pela organização dos ambientes pantaneiros, promovendo alterações periódicas na vegetação, disponibilidade de recursos e conectividade entre habitats (Junk *et al.,* 1989; Junk *et al.,* 2011; Boff *et al.*, 2013). Em áreas sujeitas à inundação, a intensidade, frequência e duração das cheias atuam como importantes filtros ambientais, favorecendo espécies capazes de tolerar ou explorar essas condições ambientais (Adis, 1997). Aranda e Aoki (2018), ao analisarem comunidades de Hymenoptera no Pantanal, demonstraram que diferentes históricos de inundação influenciam diretamente a composição e diversidade das comunidades, evidenciando o papel das inundações como importante fator estruturador da fauna local.

A ocorrência de algumas espécies apenas nas maiores áreas amostradas, como *Plebeia* sp.1 e *Plebeia* sp.2, além da predominância de *Melipona orbignyi* em áreas relativamente maiores, reforça a hipótese de que determinadas espécies de Meliponini apresentam maior sensibilidade às condições ambientais impostas por áreas menores. Espécies do gênero Melipona frequentemente dependem

de cavidades arbóreas mais estáveis para nidificação, além de necessitarem de oferta contínua de recursos florais ao longo do ano, o que pode restringir sua ocorrência em áreas reduzidas ou ambientalmente simplificadas (Nogueira-Neto, 1997; Michener, 2007; Oliveira *et al.*, 2013). Em contrapartida, espécies como *Trigona* sp. e *Tetragonisca* sp. ocorreram em diferentes tamanhos de áreas, sugerindo maior plasticidade ecológica e maior tolerância às variações ambientais. Estudos realizados em áreas úmidas amazônicas e pantaneiras demonstram que algumas espécies de Meliponini apresentam ampla distribuição em diferentes tipos de ambientes inundáveis, indicando elevada capacidade de ocupação espacial e utilização de diferentes recursos ambientais (Melo, 2006; Aranda e Aoki, 2018). Boff *et al.* (2013) também registraram elevada capacidade de utilização de diferentes recursos florais por espécies generalistas no Pantanal sul-mato-grossense.

A baixa riqueza total registrada no presente estudo também merece consideração. Estudos realizados em outros ambientes úmidos brasileiros frequentemente registram maior número de espécies de abelhas, incluindo áreas de várzea amazônica, estuários e campos inundáveis (Melo, 2006; Kloc *et al,* 2019; Corrêa-Neto *et al.* (2024b). Entretanto, diferenças metodológicas, esforço amostral reduzido, sazonalidade das coletas e características naturais do Pantanal podem influenciar significativamente esses resultados. Inventários em áreas inundáveis frequentemente demonstram forte variação temporal na atividade das abelhas em resposta às condições hidrológicas e à disponibilidade de recursos florais (Roubik, 1989; Boff *et al.,* 2013). Além disso, ambientes sazonalmente inundáveis apresentam elevada dinâmica ecológica, o que pode resultar em comunidades mais instáveis e espacialmente heterogêneas ao longo do ano (Kloc *et al,* 2019; Cipola *et al.,* 2022)

Apesar das limitações associadas ao número reduzido de áreas e à baixa abundância de indivíduos registrados, os resultados evidenciam que o tamanho das áreas constitui importante fator associado à estruturação das comunidades de Meliponini em ambientes pantaneiros. Assim, áreas naturais mais extensas parecem desempenhar papel relevante na manutenção da diversidade e estabilidade ecológica das comunidades de abelhas sem ferrão em ecossistemas sazonalmente inundáveis, reforçando a importância da conservação de mosaicos naturais no Pantanal Sul-Mato-Grossense.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que áreas maiores da APA Baía Negra tendem a sustentar comunidades de abelhas sem ferrão mais diversas e estruturalmente equilibradas. Embora a riqueza de espécies tenha apresentado apenas tendência positiva em relação ao aumento da área, os índices de diversidade de Shannon e Simpson indicaram incremento da diversidade em áreas

mais extensas, evidenciando a importância do tamanho da área para organização das comunidades de Meliponini em ambientes pantaneiros.

A ocorrência exclusiva de algumas espécies nas maiores áreas amostradas sugere que determinados táxons podem apresentar maior dependência de ambientes estruturalmente mais complexos e com maior disponibilidade de recursos. Dessa forma, áreas naturais mais extensas podem atuar como importantes refúgios para manutenção da diversidade de abelhas sem ferrão em ecossistemas sazonalmente inundáveis do Pantanal.

O presente estudo amplia o conhecimento sobre comunidades de Meliponini em áreas úmidas do Pantanal Sul-Mato-Grossense, grupo ainda pouco investigado nesse bioma. Entretanto, novos estudos envolvendo maior esforço amostral, diferentes períodos hidrológicos e inclusão de outras variáveis ambientais são necessários para melhor compreensão dos fatores que influenciam a distribuição e estruturação dessas comunidades.

Agradecimentos e financiamento

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), bem como à coordenação da disciplina Entomologia de Campo, vinculada a esse programa, pelo apoio institucional à realização deste estudo. Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado aos autores M. S. A., T. A. e I. G. A. R. e H. M. S financiada pelo Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADIS, J. Estratégias de sobrevivência de invertebrados terrestres em florestas inundáveis da Amazônia Central: uma resposta à inundação de longo período. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 27, n. 1, p. 43–54, 1997.

ARANDA, R.; AOKI, C. Diversity patterns of bees and wasps (Hymenoptera: Apoidea and Vespoidea) in the Brazilian Pantanal. **Journal of Insect Conservation**, Dordrecht, v. 22, p. 581–591, 2018.

ARRHENIUS, O. Species and area. **Journal of Ecology**, Londres, v. 9, n. 1, p. 95–99, 1921. DOI: https://doi.org/10.2307/2255763.

BOFF, S.; ARAÚJO, A. C.; POTT, A. Bees (Hymenoptera: Apoidea) and flowers in natural forest patches of southern Pantanal. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 13, n. 4, p. 1–13, 2013.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. Biogeography. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006.
CIPOLA, N. G.; PÁDUA, D. G.; SCHOENINGER, K.; OLIVEIRA, B. G.; GADELHA, S. S.;

ZEQUI, J. A. C. Record of bees and wasps (Insecta: Hymenoptera) during the dry season in a floodplain of the Southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. **EntomoBrasilis**, Londrina, v. 15, e1003, 2022. DOI: https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v15.e1003.
CORRÊA-NETO, J. J.; HIPÓLITO, J.; OLIVEIRA, M. L. Patterns of bee diversity in coastal Amazonia: effects of local habitat and landscape heterogeneity. **Journal of Insect Conservation**, v. 28, p. 855–867, 2024a. DOI: https://doi.org/10.1007/s10841-024-00607-x.

CORRÊA-NETO, J. J.; HIPÓLITO, J.; RIBEIRO, C. F.; BROWN, J. C.; OLIVEIRA, M. L. Estuarine floodplains harbor higher diversity of orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) than mangroves on the Amazon coast. **Apidologie**, v. 55, p. 37, 2024b. DOI: https://doi.org/10.1007/s13592-024-01073-9.

FAHRIG, L. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. **Journal of Biogeography**, Hoboken, v. 40, n. 9, p. 1649–1663, 2013. DOI: https://doi.org/10.1111/jbi.12130.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *In:* DODGE, D. P. (ed.). **Proceedings of the International Large River Symposium**. Ottawa: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 1989. p. 110–127.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. **Wetlands**, New York, v. 31, p. 623–640, 2011.

KENNEDY, C. M. *et al.* A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. **Ecology Letters**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 584–599, 2013.

KLOC, P. B.; SILVA, T. M. V.; HOLDEFER, D. R.; OLIVEIRA, F. F.; WOITOWICZ-GRUCHOWSKI, F. C. Diversidade e redes de interação entre abelhas e plantas em áreas de várzea na Floresta Nacional de Três Barras – Santa Catarina, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, Joinville, v. 6, n. 3, p. 81–97, 2019.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Publishing, 2013.

MELO, G. A. R. Apidae (subtribos Meliponina e Euglossina) da Região dos Lagos do Amapá. *In:* CAPOBIANCO, J. P. R. *et al.* **Biodiversidade na Amazônia brasileira:** avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo: Estação Liberdade; Instituto Socioambiental, 2006. p. 257–265.

MENEZES, C.; ALVES, D.; LUCENA, D.; ALMEIDA, E. **Abelhas sem ferrão relevantes para a meliponicultura no Brasil**. São Paulo: A.B.E.L.H.A.; Embrapa Meio Ambiente; Universidade de São Paulo, 2023. E-book.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. 2. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2007.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997

NOGUEIRA, D. S.; VOLLET NETO, A.; CASSINELLI, M. P.; SANTOS-SILVA, J. A.; NASCIMENTO, F. S.; OLIVEIRA, A. L. L. As abelhas "sem-ferrão" dos biomas brasileiros. **Ciência & Cultura**, São Paulo, v. 75, n. 4, p. 47–53, 2023.

OLIVEIRA, F. F.; RICHERS, B. T. T.; SILVA, J. R.; FARIAS, R. C.; MATOS, T. A. L. **Guia ilustrado das abelhas "sem-ferrão" das Reservas Amanã e Mamirauá, Amazonas, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini).** Tefé: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, 2013. 267 p. ISBN 978-85-88758-27-8.

OSTWALD, M. M.; GONZALEZ, V. H.; CHANG, C.; VITALE, N. L.; LUCIA, M.; SELTMANN, K. C. Toward a Functional Trait Approach to Bee Ecology. **Ecology and Evolution**, v. 14, n. 10, e70465, 2024. DOI: 10.1002/ece3.70465.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte, 2002. 253p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280112185_Abelhas_Brasileiras_Sistematica_e_Identificacao

TOCKNER, K.; LORANG, M. S.; STANFORD, J. A. River floodplains as model ecosystems to test general hydrogeomorphic and ecological concepts. **River Research and Applications**, Chichester, v. 26, n. 1, p. 76–86, 2010.

TRIANTIS, K. A.; GUILHAUMON, F.; WHITTAKER, R. J. The island species-area relationship: biology and statistics. **Journal of Biogeography**, Hoboken, v. 39, n. 2, p. 215–231, 2012.

TRIANTIS, K. A.; GUILHAUMON, F.; WHITTAKER, R. J. The island species–area relationship: biology and statistics. **Journal of Biogeography**, Hoboken, v. 39, n. 2, p. 215–231, 2012. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02652.x.

VILHENA, P. S.; ROCHA, L. J.; GARÓFALO, C. A. Male orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the canopy and understory of Amazonian várzea forest. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 64, n. 2, p. 191–201, 2017.

WILLIAMS, N. M.; CRONE, E. E.; ROULSTON, T. H.; MINCKLEY, R. L.; PACKER, L.; POTTS, S. G. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 143, n. 10, p. 2280-2291, 2010. DOI: 10.1016/j.biocon.2010.03.024.

WINFREE, R. *et al*. Species turnover promotes the importance of bee diversity for crop pollination at regional scales. **Science**, Washington, v. 339, n. 6127, p. 1608–1611, 2013.

CAPÍTULO 3

CARACTERES MORFOLÓGICOS DE *Diatraea saccharalis* E SUA DIFERENCIAÇÃO DE *Diatraea impersonatella*: UMA REVISÃO NARRATIVA

Tainá Oliveira Alves
Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Mestranda em Agronomia, área de concentração em Entomologia Agrícola, e integrante do Núcleo de Geomática e Agricultura de Precisão (NGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brasil

David Luciano Rosalen
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professor Doutor da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Departamento de Engenharia, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1343



Resumo: O gênero *Diatraea* reúne espécies de importância econômica associadas a diferentes culturas agrícolas, principalmente à cana-de-açúcar. A semelhança externa entre essas espécies pode dificultar sua identificação e comprometer o reconhecimento das pragas presentes nas áreas de produção. Este estudo teve como objetivo reunir e descrever os principais atributos morfológicos utilizados na identificação de *Diatraea saccharalis*, destacando àqueles que possibilitam sua separação de *Diatraea impersonatella*. Realizou-se uma revisão narrativa da literatura, de abordagem qualitativa, caráter descritivo e finalidade exploratória, fundamentada em artigos científicos, livros, dissertações, teses e documentos especializados em taxonomia e entomologia. As informações foram organizadas em aspectos geográficos, ecológicos e morfológicos. Os trabalhos consultados indicaram que coloração, formato da fronte, venação alar e escamas das tíbias posteriores auxiliam no reconhecimento preliminar das espécies, mas podem apresentar variações. A genitália masculina demonstrou maior valor diagnóstico, especialmente pelas diferenças no uncus, gnathos, tegumen, valvas e braços da juxta. A genitália feminina apresentou maior semelhança e variabilidade, limitando sua utilização isolada. Conclui-se que a identificação confiável deve combinar atributos externos e genitais e, quando possível, ferramentas moleculares, aumentando a precisão taxonômica e contribuindo para o manejo das brocas agrícolas.

Palavras-chave: Broca-da-cana. Genitália. Identificação específica. Lepidoptera. Taxonomia.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Diatraea* reúne numerosas espécies, entre as quais se encontram algumas das principais pragas lepidópteras associadas às culturas agrícolas em diferentes regiões do mundo (Dyar; Heinrich, 1927; Long; Hensley, 1972; Roe, 1981; Rodríguez-del-Bosque; Smith; Browning, 1988). No Brasil, as espécies desse gênero são popularmente conhecidas como brocas-do-colmo da cana-de-açúcar ou brocas-do-milho. Contudo, devido à dificuldade de diferenciá-las em condições de campo, os indivíduos encontrados nas lavouras são frequentemente identificados de maneira generalizada como *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae). A importância econômica dessas espécies está relacionada tanto aos danos diretos causados pela alimentação das lagartas quanto às perdas industriais decorrentes da degradação dos colmos atacados.

Os estudos taxonômicos sobre o gênero *Diatraea* avançaram significativamente a partir dos trabalhos clássicos de Box (1931) e Bleszynski (1969), que realizaram descrições detalhadas fundamentadas na morfologia das genitálias masculina e feminina. Posteriormente, Solis e Metz (2016) ampliaram esse conhecimento ao disponibilizarem chaves de identificação e ilustrações das estruturas genitais de todas as espécies conhecidas do gênero, incluindo espécimes-tipo, contribuindo para a delimitação taxonômica e a identificação mais precisa dessas espécies.

Nesse contexto, a análise anatômica dos órgãos reprodutivos, especialmente da genitália masculina, constitui uma ferramenta eficiente para a identificação específica, uma vez que essas

estruturas apresentam características morfológicas relativamente conservadas dentro das espécies e pouco influenciadas pelas condições ambientais (Scudder, 1971; Peairs; Saunders, 1980; Schilthuizen, 2003). Além da elevada complexidade estrutural e do grau de esclerotização, a genitália apresenta caracteres diagnósticos relevantes para a diferenciação entre espécies e até mesmo entre famílias de insetos (Powell, 2009). Em Lepidoptera, a compatibilidade entre as estruturas genitais masculinas e femininas é frequentemente explicada pelo modelo de "chave e fechadura", segundo o qual ambas evoluem de maneira complementar e contribuem para o isolamento reprodutivo entre as espécies (Mikkola, 1992; Arnqvist, 1997).

Apesar da importância desses caracteres diagnósticos, os indivíduos de *Diatraea*, assim como outros organismos, apresentam considerável variabilidade morfológica. Essa variação decorre da interação entre fatores bióticos e abióticos que atuam simultaneamente na formação das características observadas entre indivíduos, populações e espécies (Calle *et al.*, 2008). A variabilidade morfológica está diretamente relacionada à interação entre processos microevolutivos e macroevolutivos e às condições ambientais às quais as populações estão submetidas. Assim, o tamanho corporal e a conformação morfológica resultam da combinação entre fatores genéticos herdados dos progenitores, efeitos maternos e condições experimentadas durante o desenvolvimento. Esses componentes atuam em um contexto evolutivo que molda as populações ao longo do tempo e favorece o surgimento de características próprias, capazes de influenciar aspectos importantes de sua biologia e ecologia (Jaramillo, 2011).

Embora atributos como tamanho corporal e coloração dos adultos possibilitem uma identificação preliminar das espécies pertencentes ao complexo *Diatraea* spp., sua utilização isolada pode resultar em erros de classificação (Gómez; Vargas, 2014). Desse modo, caracteres mais específicos e consistentes são necessários para alcançar uma identificação confiável. Por essa razão, estudos taxonômicos e sistemáticos têm priorizado a associação entre características morfológicas externas e estruturas genitais, consideradas mais adequadas para a diferenciação das espécies do gênero (Cadena, 2008; Linares; Bastidas, 1996). Diante disso, este estudo teve como objetivo reunir e descrever, com base na literatura, as principais características morfológicas externas e genitais empregadas na identificação de *Diatraea saccharalis*, destacando caracteres que possibilitam sua diferenciação de *Diatraea impersonatella*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa, caráter descritivo e finalidade exploratória. O estudo concentrou-se na

sistematização de informações relacionadas à origem, distribuição geográfica, aspectos ecológicos e características morfológicas dos adultos do gênero *Diatraea*, com ênfase em *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae). Também, considerou-se trabalhos que possibilitaram a comparação dessa espécie com *Diatraea impersonatella* (Walker, 1863), especialmente quanto à morfologia externa e às estruturas das genitálias masculina e feminina.

2.2 Levantamento bibliográfico

O levantamento foi realizado a partir de artigos científicos, livros, capítulos de livros, dissertações, teses, relatórios técnicos e documentos especializados em entomologia, taxonomia e morfologia de Lepidoptera. Selecionou-se publicações clássicas e contemporâneas que apresentavam informações pertinentes à identificação, distribuição, biologia e caracterização morfológica das espécies do gênero *Diatraea*. Por se tratar de uma revisão narrativa, não se estabeleceu protocolos sistemáticos de busca, período obrigatório de publicação ou critérios quantitativos para seleção e exclusão dos documentos.

2.3 Organização e análise das informações

As informações obtidas foram organizadas em categorias temáticas relacionadas à origem e distribuição geográfica, aos aspectos ecológicos, às características externas dos adultos e à anatomia das genitálias masculina e feminina. Para a descrição morfológica, considerou-se caracteres da cabeça, antenas, palpos, asas, pernas e órgãos reprodutivos. A comparação entre *D. saccharalis* e *D. impersonatella* foi conduzida de maneira descritiva, com base nos caracteres diagnósticos apresentados nas publicações consultadas. As estruturas morfológicas foram identificadas segundo a terminologia empregada na literatura taxonômica especializada.

2.4 Documentação ilustrativa

A apresentação dos caracteres morfológicos foi complementada por figuras provenientes das publicações consultadas e por registros fotográficos próprios. As imagens retiradas ou adaptadas da literatura foram utilizadas para demonstrar estruturas relevantes à identificação das espécies, com indicação das respectivas fontes. Os registros próprios foram empregados exclusivamente para fins ilustrativos, uma vez que não foi realizado um experimento morfométrico ou uma comparação quantitativa entre espécimes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Distribuição geográfica e aspectos ecológicos

As espécies do gênero *Diatraea* apresentam ampla distribuição no continente americano, com registros na América do Sul, América Central, Caribe e sul dos Estados Unidos (Box, 1931; Bleszynski, 1969; Lange *et al.*, 2004; Palacio Cortés *et al.*, 2010). Essa abrangência geográfica está relacionada à capacidade de adaptação das espécies a diferentes gramíneas cultivadas, especialmente à cana-de-açúcar, que oferece condições favoráveis à alimentação e ao desenvolvimento das lagartas.

No Brasil, os primeiros registros de espécies de *Diatraea* foram realizados por Dyar, que descreveu sete espécies; posteriormente, foram reconhecidas 12 espécies no território brasileiro (Francischini *et al.*, 2017). Em uma revisão do gênero nas Américas, Box (1931) reconheceu 48 espécies, das quais 16 apresentavam ocorrência em território brasileiro. Esses levantamentos demonstram que a diversidade atribuída ao gênero passou por sucessivas alterações à medida que os critérios taxonômicos foram aprimorados.

Em relação às espécies associadas à cana-de-açúcar, Almeida e Souza (1936) relataram a ocorrência de dez espécies infestando a cultura no Brasil. Contudo, após uma revisão taxonômica mais detalhada, Box (1960) restringiu essa relação a três espécies consideradas de importância econômica: *Diatraea saccharalis*, *Diatraea albicrinella* e *Diatraea impersonatella*. Posteriormente, Cruz (1976) registrou dez espécies do gênero no país e indicou *D. saccharalis* como a principal espécie-praga associada aos colmos da cana-de-açúcar. As diferenças entre os números apresentados nos levantamentos reforçam a dificuldade de identificação das espécies e a necessidade de utilização de caracteres taxonômicos mais consistentes.

Entre as espécies registradas no Brasil, *D. saccharalis* destaca-se por sua ampla distribuição, ocorrendo nas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar do país (Dinardo-Miranda, 2008). Em contraste, *D. impersonatella* (Walker, 1863), também reconhecida como broca da cana-de-açúcar, apresenta distribuição mais restrita, com registros no Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e na região Nordeste (Mendonça, 1996; Freitas *et al.*, 2006; Ribeiro Neto, 2014). Essa diferença na distribuição evidencia a maior capacidade de dispersão e adaptação de *D. saccharalis* aos diferentes ambientes de produção.

3.2 Aspectos ecológicos

Diatraea saccharalis apresenta desenvolvimento holometábolo, passando sucessivamente pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto. A espécie é polífaga e utiliza diferentes gramíneas cultivadas como hospedeiras, entre as quais se destacam cana-de-açúcar, milho, arroz, sorgo, trigo, aveia e diversas espécies de capins (Bortoli; Manprim, 1984). A diversidade de plantas hospedeiras

favorece sua permanência nos agroecossistemas, inclusive durante períodos de ausência ou menor disponibilidade da cultura principal.

A amplitude de hospedeiros contribui para a adaptação e dispersão de *D. saccharalis* em diferentes regiões agrícolas. Seu desenvolvimento também é influenciado por fatores ambientais, principalmente temperatura, umidade e disponibilidade de alimento. Em regiões tropicais, a combinação de condições climáticas favoráveis e oferta contínua de plantas hospedeiras pode possibilitar a ocorrência de várias gerações ao longo do ano, aumentando a pressão da praga sobre os sistemas de produção.

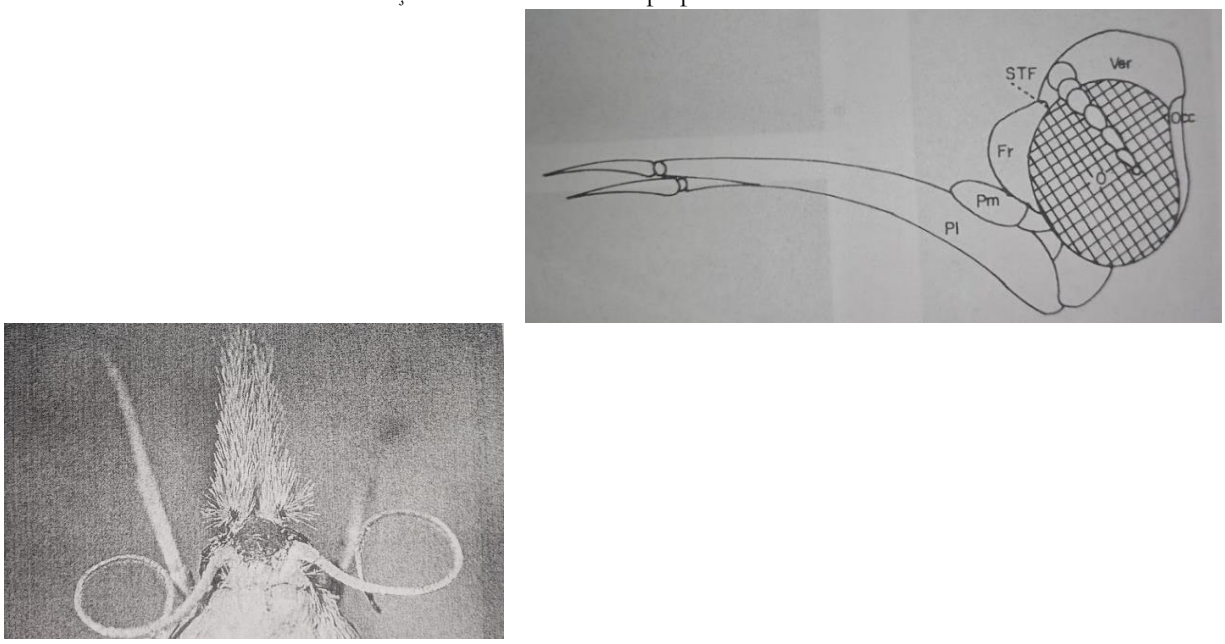
Os adultos apresentam hábito predominantemente noturno, permanecendo abrigados durante o dia e tornando-se mais ativos ao entardecer. A oviposição geralmente se inicia à noite e pode prolongar-se por várias horas, enquanto as fêmeas podem realizar posturas por até quatro dias, dependendo de suas condições fisiológicas e ambientais. A fase adulta apresenta duração média de três a oito dias, e a longevidade pode variar de cinco a dez dias. Em condições favoráveis, o ciclo biológico completo ocorre em aproximadamente seis semanas, permitindo até três gerações sobrepostas durante o ano ((Bilal *et al.,* 2024; Solis *et al.*, 2021; Jesus, 2019; Capinera, 2004). Essas características, associadas à polifagia e à ampla distribuição geográfica, ajudam a explicar a persistência de *D. saccharalis* nos ambientes agrícolas e sua importância econômica para a cultura da cana-de-açúcar.

3.3 Características morfológicas do gênero *Diatraea*

As espécies do gênero *Diatraea* apresentam características morfológicas que auxiliam sua identificação taxonômica. A fronte pode variar de convexa e lisa a protuberante, tuberculada ou cônica. Os palpos labiais são relativamente longos, ligeiramente curvados em direção à cabeça e projetados para a frente, alcançando aproximadamente duas vezes o comprimento da cabeça (Figura 1). Os palpos maxilares apresentam a porção apical dilatada e revestida por escamas (Figura 3), enquanto as antenas são classificadas como filiformes (Figura 2). Embora esses caracteres permitam o reconhecimento inicial do gênero, sua utilização isolada pode ser insuficiente para a diferenciação entre espécies morfologicamente semelhantes (Linares; Bastidas, 1996; Solis; Metz, 2016).

Wissen Editora, 2026 |ISBN 978-65-6219-019-9|DOI: 10.52832/wed.225

Figura 1 e 2 – Vista dorsal da cabeça de *Diatraea saccharalis*, destacando as estruturas morfológicas empregadas na identificação da espécie; Vista lateral da região cefálica de *Diatraea saccharalis*, destacando a conformação das antenas e dos palpos.



Fonte: adaptada de Linares e Bastidas (1996).

Figura 3 – Vista lateral da região cefálica de *Diatraea saccharalis*, evidenciando os palpos labiais e maxilares.



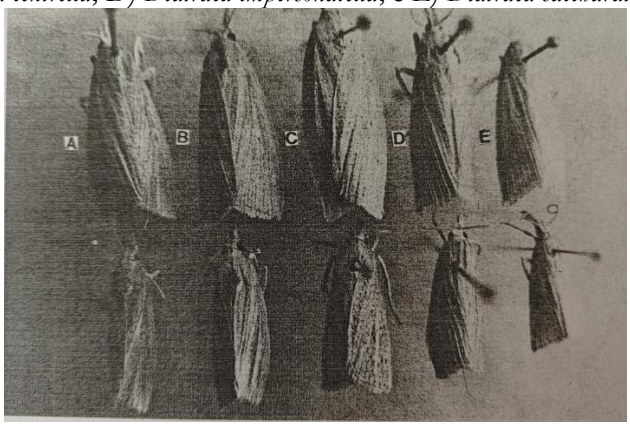
Fonte: Autores, 2026.

A coloração dos adultos varia do amarelo-claro ao marrom-acinzentado, podendo apresentar tonalidades rosadas. Em alguns espécimes, são observadas linhas transversais nas asas ou faixas mais escuras acompanhando as nervuras alares, além de uma mancha discal localizada na região correspondente à célula discal (Figura 4). A variação na coloração demonstra que esse atributo deve ser empregado com cautela na identificação, especialmente quando os indivíduos apresentam desgaste das escamas ou foram conservados por períodos prolongados.

Nas asas anteriores, três nervuras encontram-se posicionadas anteriormente ao ângulo da célula discal. As nervuras mediais M2 e M3 podem surgir separadas, unidas na origem ou fundidas

por determinada extensão. A nervura M1 origina-se abaixo do ápice da célula discal, enquanto a radial R5 emerge diretamente desse ápice. As nervuras R3 e R4 permanecem fundidas por um pequeno trecho antes de se separarem, e a nervura R2 se origina na região basal, mantendo conexão com R3 e R4. A subcosta (SC), por sua vez, encontra-se unida à nervura R1. Nas asas posteriores, as nervuras M2 e M3 emergem do ângulo da célula discal e também podem se apresentar separadas, unidas ou parcialmente fundidas. Essas diferenças de venação constituem caracteres complementares para a delimitação taxonômica das espécies.

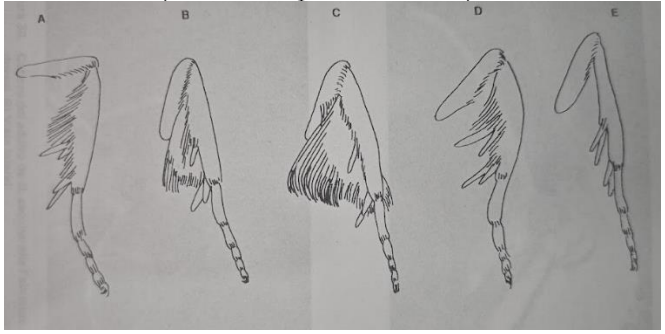
Figura 4 – Adultos de ambos os sexos pertencentes ao gênero *Diatraea*: A) *Diatraea busckella*; B) *Diatraea rosa*; C) *Diatraea centrella*; D) *Diatraea impersonatella*; e E) *Diatraea saccharalis*.



Fonte: adaptada de Linares e Bastidas (1996).

As pernas são relativamente curtas, sendo o par mediano geralmente mais desenvolvido. Os tarsos possuem cinco segmentos, e os fêmures apresentam formato alongado. As tíbias das pernas anteriores e medianas possuem dois esporões, enquanto as posteriores apresentam quatro. Nos machos, é frequente a presença de escamas alongadas, semelhantes a pelos, distribuídas ao longo da margem interna das tíbias posteriores (Figura 5). A conformação e a distribuição dessas escamas variam entre as espécies e, associadas à venação alar e às demais características externas, contribuem para sua diferenciação.

Figura 5 – Pernas posteriores de adultos machos do gênero *Diatraea*: A) *Diatraea saccharalis*; B) *Diatraea busckella*; C) *Diatraea rosa*; D) *Diatraea impersonatella*; e E) *Diatraea centrella*.

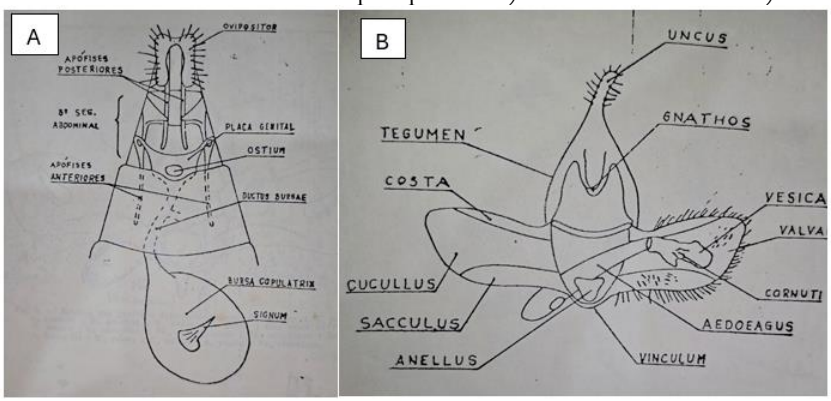


Fonte: adaptada de Linares e Bastidas (1996).

A genitália masculina dos Lepidópteros (Figura 6-B) é composta por estruturas que também são observadas em *D. saccharalis*. No 10º segmento abdominal, encontra-se o *uncus*, de formato variável, e o *gnathos*, geralmente formado por dois braços que se unem no ápice. No 9º segmento, estão o *tegumen*, dorsal, e o *vinculum*, ventral. Associado a este encontra-se o *anellus*, que auxilia na sustentação do *aedoeagus*, e as *valvae*, estruturas pares que podem apresentar as regiões costa, cucullus e sacculus. O *aedoeagus* é um tubo que protege o pênis ou *vesica*, estrutura membranosa que pode apresentar espinhos denominados *cornuti*.

A genitália feminina dos Lepidópteros (Figura 6-A) apresenta estruturas relacionadas à cópula e à oviposição. O ovipositor é formado por um par de lobos pilosos, associados às apófises posteriores, de tamanho variável. No 8º segmento abdominal encontram-se as apófises anteriores e, ventralmente, o *ostium*, abertura copuladora geralmente associada a uma placa genital. O *ostium* conecta-se ao *ductus bursae*, que conduz à *bursa copulatrix*, onde são armazenados os espermatóforos. A *bursa* pode apresentar áreas esclerosadas denominadas *signum*. Em espécies com uma única abertura genital, o *ostium* é ausente, mas o *ductus bursae* e a *bursa copulatrix* permanecem presentes.

Figura 6 – Genitália comum dos Lepidópteras. A) Genitália feminina. B) Genitália masculina.



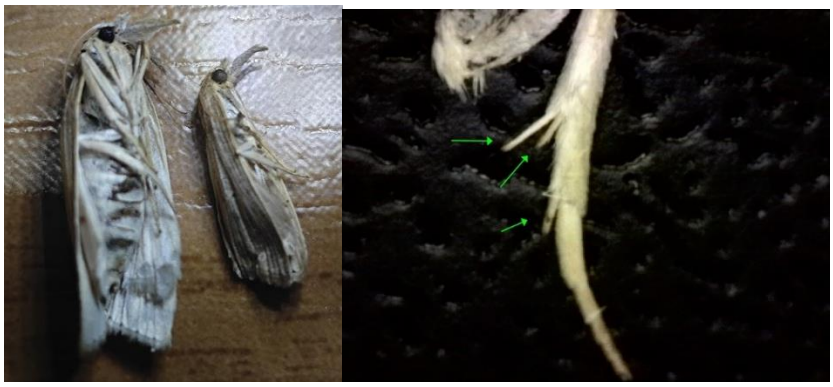
Fonte: Busck (1931).

3.4 Caracteres morfológicos de *Diatraea saccharalis*

Os adultos de *D. saccharalis* são mariposas de hábito noturno, com coloração que varia entre palha, amarelo e marrom-amarelado. A envergadura pode variar de 18 a 28 mm nos machos e de 27 a 39 mm nas fêmeas. As asas posteriores das fêmeas são predominantemente brancas, enquanto as dos machos apresentam coloração mais escura (Figura 7). Essas diferenças, associadas ao tamanho corporal, permitem uma distinção preliminar entre os sexos.

A espécie apresenta fronte levemente convexa e desprovida de tubérculos. As asas anteriores possuem coloração amarelo-creme, mancha discal e duas faixas transversais irregulares e onduladas. Essas faixas são geralmente mais evidentes nos machos e menos perceptíveis nas fêmeas. Os machos também apresentam um tufo de escamas alongadas nas tíbias posteriores, característica que pode contribuir para sua identificação (Figura 8). Entretanto, a variabilidade dos caracteres externos torna necessária sua associação com estruturas mais consistentes, principalmente aquelas presentes na genitália (Francischini *et al.*, 2017; Solis; Metz, 2016).

Figura 7 e 8 – Vista ventral de adultos, fêmea e macho, respectivamente, de *Diatraea saccharalis*, evidenciando diferenças de tamanho e coloração; Perna posterior de um adulto macho de *Diatraea saccharalis*, destacando o tufo de escamas alongadas presente na tíbia.



Fonte: Autores, 2026.

Na genitália feminina de *D. saccharalis*, as áreas externas à abertura da bolsa copulatória apresentam duas regiões levemente esclerotizadas. A primeira corresponde ao lábio anterior da abertura, enquanto a segunda se encontra posteriormente e apresenta descontinuidade na região central. A papila anal (PA) é ampla e pode apresentar duas elevações arredondadas na base de sua superfície externa. A bolsa copulatória abre-se ventralmente no sétimo esternito abdominal (EA), mantendo-se separada do oitavo tergito. O ducto da bolsa copulatória é geralmente curto e parcialmente esclerotizado, enquanto o corpo da bolsa (CB) apresenta tamanho relativamente grande e conformação variável (Figuras 9).

Figura 9 – Vista ventral da genitália feminina de *Diatraea saccharalis*.

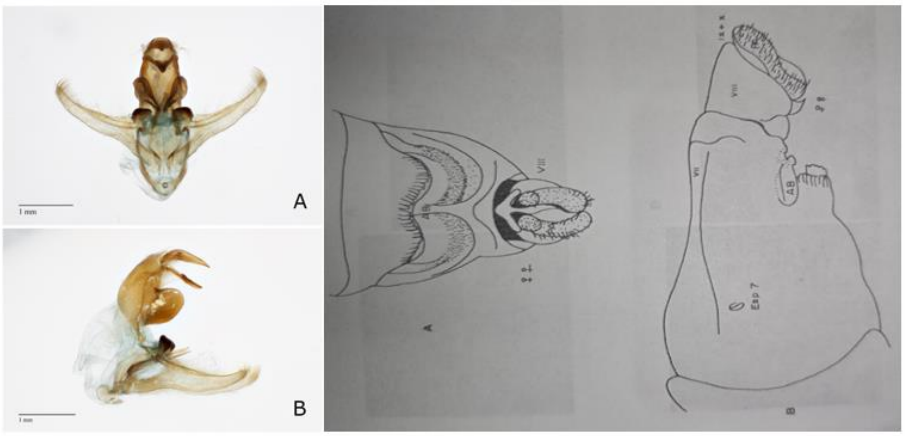


Fonte: Autores, 2026.

A genitália masculina é bem desenvolvida e apresenta caracteres considerados mais consistentes para a identificação específica. O *vinculum* possui superfície lisa, formato semelhante à letra "U" e região anterior amplamente arredondada. O uncus se estreita gradualmente em direção ao ápice, adquirindo formato semelhante a um bico, enquanto o *gnathos* apresenta superfície predominantemente lisa, com parte da região dorsal densamente revestida por pequenos dentes.

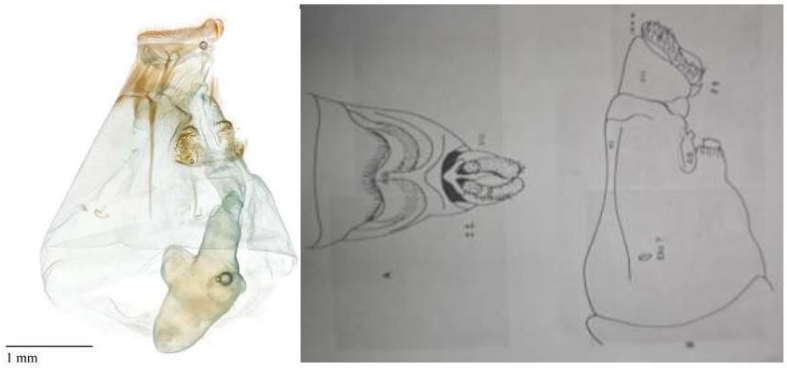
O lobo lateral do *tegumen* possui contorno arredondado, com comprimento e largura semelhantes, conferindo-lhe aparência aproximadamente quadrangular. A valva apresenta um processo subbasal em sua porção costal, e o lobo costal basal possui vértice discretamente achatado. Os braços da *juxta* são alongados e podem apresentar uma projeção terminal ou extremidade arredondada acompanhada de um pequeno dente subapical. O edeago possui armadura relativamente simples, podendo apresentar esclerito ou cornuti em posição subapical (Figura 10 e 11). A combinação desses caracteres torna a genitália masculina especialmente relevante para a separação de *D. saccharalis* de outras espécies do gênero (Francischini *et al.*, 2017; Solis & Metz, 2016).

Figura 10 – Estrutura reprodutiva do macho da *D. saccharalis***.**



Fonte: adaptada de Francischini *et al.* (2017) e Linares e Bastidas (1996).

Figura 11 – Estruturas da genitália masculina da *Diatraea saccharalis*:

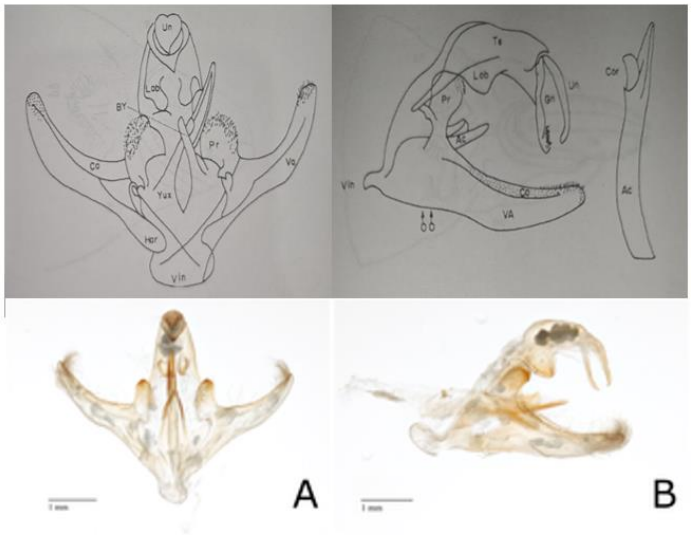


Fonte: adaptada de Francischini *et al.* (2017) e Linares e Bastidas (1996).

3.5 Comparação entre *Diatraea saccharalis* e *Diatraea impersonatella*

Diatraea impersonatella apresenta aparência externa semelhante à de *D. saccharalis*, o que pode dificultar sua identificação com base apenas na coloração e no tamanho corporal. Entretanto, *D. impersonatella* possui fronte cônica, terminando em um tubérculo mais agudo. As fêmeas tendem a apresentar coloração mais pálida, enquanto os machos possuem tonalidade acinzentada e tíbias posteriores revestidas por escamas esparsas e alongadas. Na genitália masculina, as duas espécies apresentam uncus e *gnathos* com formato semelhante a um bico, valvas estreitas, lobos costais basais pronunciados e braços laterais da *juxta* delgados e pontiagudos. Entretanto, em *D. impersonatella*, o lobo costal basal da valva é mais alongado, estreito, menos dentado e menos escurecido do que em *D. saccharalis*. Além disso, os lobos laterais do *tegumen* são reduzidos e apresentam formato triangular (Figura 12). Essas diferenças possibilitam uma separação mais confiável dos machos das duas espécies.

Figura 12 – Genitália masculina de *Diatraea impersonatella*, destacando os caracteres empregados em sua diferenciação de *Diatraea saccharalis*.

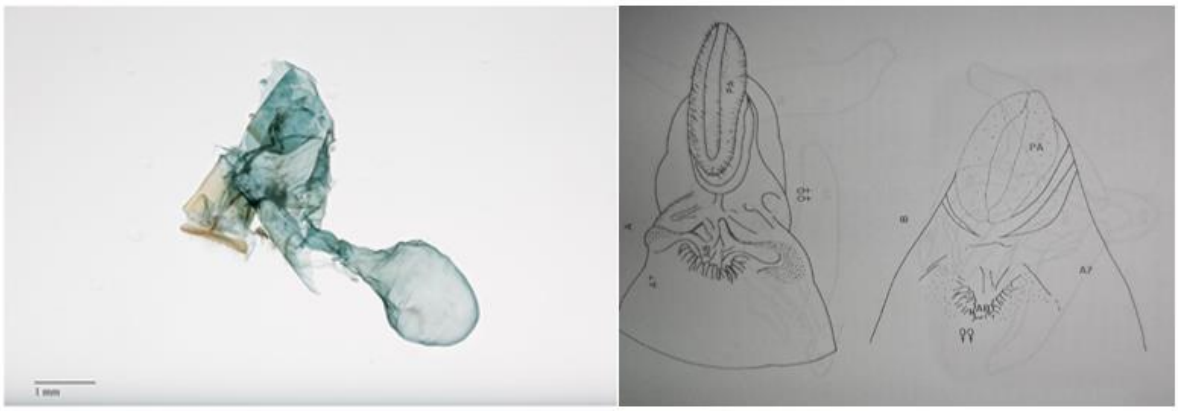


Fonte: adaptada de Francischini *et al.* (2017) e Linares e Bastidas (1996).

As fêmeas de *D. saccharalis* e *D. impersonatella* apresentam papilas anais separadas anteroventralmente, paralelas e achatadas, com cerdas mais longas na margem externa. A apófise anterior é aproximadamente duas vezes mais longa que a posterior, ligeiramente curva e gradualmente afilada. O esternito VIII apresenta reentrâncias transversais que podem encobrir o óstio da bolsa, enquanto o corpo da bolsa é membranoso e não apresenta signum.

Em *D. saccharalis*, pode ocorrer um lobo anterodorsal originado do corpo da bolsa, cuja forma e tamanho são variáveis. O inchaço anteroventral das papilas anais tende a ser mais pronunciado nessa espécie do que em *D. impersonatella*. Contudo, essas diferenças apresentam variação e podem não permitir uma identificação segura das fêmeas somente pela genitália (Figura 13). Francischini *et al.* (2017) verificaram que as fêmeas dessas espécies não podem ser separadas de maneira confiável exclusivamente por esses caracteres. Solis e Metz (2016) também destacaram a variação morfológica observada ao longo da distribuição geográfica do grupo *D. impersonatella* e as dificuldades associadas à identificação baseada na genitália feminina.

Figura 13 – Genitália feminina da *Diatraea impersonatella*, evidenciando estruturas utilizadas na comparação com *Diatraea saccharalis*.



Fonte: Adaptado de Francischini *et al.* (2017) e Linares e Bastidas (1996).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão permitiu reunir e descrever os principais caracteres morfológicos utilizados na identificação de *Diatraea saccharalis*, além de evidenciar aspectos que possibilitam sua diferenciação de *Diatraea impersonatella*. Características externas, como coloração, formato da fronte, venação alar e presença de escamas alongadas nas tíbias posteriores, contribuem para uma identificação preliminar. Contudo, a variabilidade dessas estruturas e a semelhança entre as espécies podem ocasionar classificações equivocadas quando esses atributos são utilizados isoladamente.

A genitália masculina apresenta caracteres mais consistentes para a diferenciação das espécies, especialmente aqueles relacionados ao uncus, *gnathos, tegumen,* valvas e braços da *juxta*. Em contrapartida, a genitália feminina possui maior semelhança e variabilidade, limitando sua utilização

como único critério diagnóstico. Portanto, a identificação das espécies do gênero *Diatraea* deve associar características externas e genitais e, quando possível, incorporar ferramentas moleculares. Essa abordagem integrada pode ampliar a precisão taxonômica e contribuir para o monitoramento e o manejo adequado das espécies de importância agrícola.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp FCAV.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. DE; SOUZA, A. F. de. A broca da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, v. 11, n. 7–8), p. 257–292, 1936.

ARNQVIST, G. The evolution of animal genitalia: Distinguishing between hypotheses by single species studies. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 60, n. 3, p. 365–379, 1997. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1997.tb01501.x

BILAL, U.; HAQ, M. Z.; UL, IMRAN, M.; USMAN, M.; KHALIQ, A.; ZAFAR, M. Impact of IPM strategies for control of borer pest and influence on yield and quality of sugarcane crop. **Life Science Journal**, v. 21, n. 7, p. 1–13, 2024.

BLESZYNSKI, S. **The taxonomy of the crambine moth borers of sugar cane**. *In:* J. R. Williams, J. R. Metcalf, R. W. Mungomery, & K. Mather (Eds.), Pests of sugar cane (pp. 11–59). Elsevier Publishing Company, 1969.

BORTOLI, S. A. de; MANPRIM, M. C. Aspectos biológicos da broca da cana-de-açúcar, Diatraea saccharalis (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae), em milho (Zea mays L.) sob condições de laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 13(1), 83–94, 1984. https://doi.org/10.37486/0301-8059.v13i1.332

BOX, H. E. The crambine genera Diatraea and Xanthopherne (Lepidoptera: Pyralidae). **Bulletin of Entomological Research**, 22, 1–50, 1931.

BOX, H. E. **The species of Diatraea and allied genera attacking sugarcane. Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists**, 10, 870–876, 1960.

BUSCK, A. On the female genitalia of the Microlepidoptera and their importance in the classification and determination of these moths. **Bulletin of the Brooklyn Entomological Society**, v. 26, n. 5, p. 199–216, 1931.

CADENA, P. **Caracterización morfológica y molecular de especies de *Diatraea* spp**. (Lepidoptera: Crambidae) [Relatório final]. COLCIENCIAS/CENICAÑA, 2008.

CALLE, D. A.; QUIÑÓNEZ, M.; ERAZO, H.; JARAMILLO, N. Discriminación por morfometría geométrica de once especies de Anopheles (*Nyssorhynchus*) presentes en Colombia. **Biomédica**, v. 28, p. 371–385, 2008.

CAPINERA, J. L. **Sugarcane borer, Diatraea saccharalis (Fabricius) (Insecta: Lepidoptera:** Pyralidae): EENY-217/IN374. EDIS, 2004(6). https://doi.org/10.32473/edis-in374-2001

CRUZ, F. Z. Espécies do gênero Diatraea Guilding, 1828 (Lepidoptera: Crambidae) coletadas em canaviais de algumas regiões do Estado de São Paulo–Brasil [Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo]. 1976.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In L. L. Dinardo-Miranda, A. C. M. Vasconcelos, & M. G. A. Landell (Eds.), **Cana-de-açúcar** (pp. 349–404). Instituto Agronômico, 2008.

DYAR, H. G.; HEINRICH, C. The American moths of the genus Diatraea and allies. **Proceedings of the United States National Museum**, v. 71, n. 2691, p. 1–48, 1927. https://doi.org/10.5479/si.00963801.71-2691.1

FRANCISCHINI, F. J. B.; CAMPOS, J. B. DE; ALVES-PEREIRA, A.; VIANA, J. P. G.; GRINTER, C. C.; CLOUGH, S. J.; ZUCCHI, M. I. Morphological and molecular characterization of Brazilian populations of Diatraea saccharalis (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) and the evolutionary relationship among species of Diatraea Guilding. **PLOS ONE**, v. 12, n. 11, e0186266, 2017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186266

FREITAS, M. R.; FONSECA, A. P.; SILVA, E. L.; MENDONÇA, A. L.; SILVA, C. E.; NASCIMENTO, R.; SANTANA, A. E. The predominance of Diatraea flavipennella (Lepidoptera: Crambidae) in sugar cane fields in the state of Alagoas, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 89, p. 539–540, 2006.

GÓMEZ, L. A.; VARGAS, G. A. **Los barrenadores de la caña de azúcar, Diatraea spp., en el valle del río Cauca:** Investigación participativa con énfasis en control biológico. CENICAÑA, 2014.

JARAMILLO, N. **Morfometría geométrica: Principios teóricos y métodos de emple**o. Universidad de Antioquia. 2011.

JESUS, I**. Equações de Lotka-Volterra aplicadas ao controle biológico da broca da cana-de-açúcar** [Tese de doutorado, Universidade de Uberaba]. 2019.

LANGE, C. L.; SCOTT, K. D.; GRAHAM, G. C.; SALLAM, M. N. E.; ALLSOPP, P. G. Sugarcane moth borers (Lepidoptera: Noctuidae and Pyraloidea): Phylogenetics constructed using COII and 16S mitochondrial partial gene sequences. Bulletin of Entomological Research, 94(5), 457–464, 2004. https://doi.org/10.1079/BER2004320

LINARES, B.; BASTIDAS, R. Descripción comparativa del género Diatraea Guilding (Lepidoptera: Pyralidae) que atacan la caña de azúcar en Venezuela (Serie A, n. 11). FONIAP, 1996.

LONG, W. H.; HENSLEY, S. D. Insect pests of sugar cane. **Annual Review of Entomology**, 17, 149–176, 1972.

MENDONÇA, A. F. **Pragas da cana-de-açúcar**. Insetos & Cia. 1996.

MIKKOLA, K. Evidence for lock-and-key mechanisms in the internal genitalia of the Apamea moths (Lepidoptera: Noctuidae). **Systematic Entomology**, v. 17, p. 145–153, 1992.

PEAIRS, B.; SAUNDERS, J. L. Diatraea lineolata y Diatraea saccharalis: Una revisión en relación con el maíz. **Agronomía Costarricense**, v. 4, n. 1, p. 123–135, 180.

PALACIO CORTÉS, A. M.; ZARBIN, P. H. G.; TAKIYA, D. M.; BENTO, J. M. S.; GUIDOLIN, A. S.; CONSOLI, F. L. Geographic variation of sex pheromone and mitochondrial DNA in Diatraea saccharalis (Fab., 1794) (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 56, n. 11, p. 1624–1630, 2010. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.06.005

POWELL, J. A. Lepidoptera. In V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.), Encyclopedia of insects (2nd ed., p. 1132). Academic Press. 2009.

RIBEIRO NETO, M. S. **Análise estrutural, aplicação filogenética e barcode do ITS2 na broca pequena da cana-de-açúcar Diatraea spp**. (Lepidoptera) [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco]. 2014.

RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L. A.; SMITH, J. W., JR.; BROWNING, H. W. Bibliography of the neotropical cornstalk borer, Diatraea lineolata (Lepidoptera: Pyralidae). **Florida Entomologist**, 71, 176–186, 1988.

ROE, R. M. **A bibliography of the sugarcane borer, Diatraea saccharalis (Fabricius), 1887–1980 (ARM-S 20)**. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 1981.

SCHILTHUIZEN, M. Shape matters: The evolution of insect genitalia. **Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society**, 14, 9–15, 2003.

SCUDDER, G. G. E. Comparative morphology of insect genitalia. Annual Review of **Entomology**, v. 16, p. 379–406, 1971. https://doi.org/10.1146/annurev.en.16.010171.002115

SOLIS, M. A.; METZ, M. A. An illustrated guide to the identification of the known species of Diatraea Guilding (Lepidoptera, Crambidae, Crambinae) based on genitalia. ZooKeys, v. 565, p. 73–121, 2016. https://doi.org/10.3897/zookeys.565.6797

SOLIS, M. A.; SCHEFFER, S. J.; LEWIS, M. L.; RENDON, P. Identity and host plant of Diatraea postlineella Schaus (Lepidoptera: Crambidae), the Guatemalan sugarcane borer. Proceedings of the Entomological Society of Washington, v. 123, n. 3, p. 638–651, 2021. https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.3.637

CAPÍTULO 4

MONITORAMENTO ESTRATÉGICO DE MOSCAS-DAS-FRUTAS EM POMARES DE GOIABA COM O USO DA ARMADILHA MCPHAIL

Leandro Lima Narcizo
Universidade Federal da Grande Dourados/Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Brasil

Thais Rodrigues dos Santos
Universidade Federal da Grande Dourados/Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Brasil

Liz Maria Matilde Duarte Gimene
Universidade Federal da Grande Dourados/Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1344



Resumo: A goiaba (*Psidium guajava* L.) possui relevância socioeconômica no agronegócio brasileiro, sendo o país um dos maiores produtores mundiais. Contudo, produtividade e qualidade fitossanitária são limitadas pelo ataque de moscas-das-frutas (Tephritidae), como *Anastrepha* e *Ceratitis capitata*. A infestação na polpa compromete a integridade dos frutos e a exportação, tornando o monitoramento populacional etapa técnica indispensável ao manejo integrado de pragas (MIP). Analisar a eficácia da armadilha McPhail associada ao uso de proteína hidrolisada como ferramenta estratégica e bioecológica para o monitoramento de tefritídeos em pomares comerciais de goiaba. Realizou-se uma revisão bibliográfica sistematizada com foco no levantamento de evidências científicas rigorosas. Estabeleceu-se um recorte temporal estrito dos últimos cinco anos (2016 a 2026), com consultas nas bases Google Scholar, PubMed®, ScienceDirect® e SciELO. A estratégia de busca utilizou descritores controlados combinados com operadores booleanos, priorizando estudos originais que discutem a seletividade de atrativos alimentares, índices de captura e a dinâmica da flutuação populacional em ambientes de produção frutícola. A armadilha McPhail com proteína hidrolisada demonstra superioridade técnica na captura de fêmeas em fase reprodutiva, dado essencial para prever surtos populacionais antes do dano econômico. A literatura recente confirma que atrativos proteicos possuem maior raio de atração e seletividade em comparação a substâncias açucaradas, facilitando a identificação da dominância de espécies. Verificou-se que fatores ambientais, como pluviosidade e temperatura, modulam a abundância das pragas, exigindo um monitoramento contínuo e padronizado para subsidiar tomadas de decisão assertivas no controle químico ou biológico. A utilização da armadilha McPhail com atrativo proteico configura-se como ferramenta de alta confiabilidade para o manejo sustentável na fruticultura. O recorte temporal valida o método como padrão para mitigar prejuízos econômicos e assegurar a competitividade e longevidade da cultura da goiaba.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas. *Psidium guajava*. Tephritidae.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.) desempenha um papel fundamental no agronegócio brasileiro, consolidando o país como um dos principais produtores globais. De acordo com Barros *et al.* (2023), o Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial, competindo com grandes produtores como Índia e China. A produção nacional, caracterizada por uma distribuição geográfica estratégica, atende tanto ao mercado interno de frutas frescas quanto à cadeia agroindustrial. Embora tecnologias de irrigação e podas programadas tenham permitido a oferta contínua de frutos, a competitividade no mercado internacional depende, primordialmente, da

superação de barreiras fitossanitárias. Como aponta Silva (2022), a crescente exigência por frutos livres de resíduos químicos e pragas quarentenárias impõe a necessidade de sistemas de monitoramento cada vez mais rigorosos.

Apesar do potencial produtivo, a fruticultura tropical enfrenta desafios fitossanitários severos. Dentre as ameaças bióticas, o complexo de moscas-das-frutas (família Tephritidae) é identificado por Aluja *et al.* (2021) como o principal fator limitante para a comercialização. A ocorrência de espécies do gênero nativo Anastrepha e da exótica Ceratitis capitata provoca danos diretos na polpa, inviabilizando o consumo e restringindo o acesso a mercados externos. Para compreender a dinâmica dessas populações, a literatura entomológica fundamenta-se em marcos teóricos sobre a bioecologia desses dípteros, os quais servem de base para o desenvolvimento das tecnologias de captura atuais.

Nesse cenário, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) emerge como a estratégia de maior viabilidade para a sustentabilidade da produção. Conforme destacam Nunes *et al.* (2024), a precisão na coleta de dados populacionais permite identificar o momento exato de intervenção, evitando o uso desnecessário de agroquímicos. No âmbito das metodologias aplicadas, estudos realizados entre 2016 e 2026 têm validado o uso de dispositivos como a armadilha McPhail. Conforme sugerido por pesquisas seminais sobre ecologia de Tephritidae, a eficácia dessas ferramentas, quando aliada ao uso de atrativos proteicos, favorece a captura de fêmeas em fase reprodutiva, mesmo em baixas densidades populacionais (EPSKY *et al.*, 2022).

Diante da necessidade de consolidar informações que auxiliem a tomada de decisão no campo e fortaleçam a posição do Brasil no mercado global, este estudo sistematiza as evidências científicas disponíveis. O objetivo deste trabalho é analisar a eficácia da armadilha McPhail, associada ao uso de proteína hidrolisada, como ferramenta estratégica para o monitoramento populacional de moscas-das-frutas em pomares de goiaba.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica sistematizada. Embora o foco principal tenha recaído sobre o recorte temporal de 2016 a 2026 para garantir a contemporaneidade das tecnologias de manejo, foram integradas discussões fundamentadas em literatura clássica e estudos de base, essenciais para a compreensão da bioecologia dos tefritídeos. Segundo Silva (2022), a atualização constante das referências é indispensável, contudo, a consolidação do conhecimento sobre o monitoramento em frutíferas beneficia-se da intersecção entre as novas evidências e os princípios estabelecidos anteriormente.

O processo de coleta de dados foi conduzido por meio de consultas eletrônicas em bases de dados de alto impacto científico, incluindo Google Scholar, PubMed®, ScienceDirect® e a biblioteca virtual *SciELO*. A estratégia de busca foi estruturada mediante a combinação de descritores controlados e operadores booleanos (*AND* e *OR*), utilizando os termos: "*Psidium guajava*", "Armadilha McPhail", "Moscas-das-frutas", "Proteína Hidrolisada" e "Manejo Integrado de Pragas". Essa padronização permitiu a identificação de estudos que discutem especificamente a seletividade de atrativos alimentares e os índices de captura em pomares comerciais (Barros *et al*., 2023).

No levantamento inicial, foram identificados 84 estudos potenciais nas bases consultadas. Após a aplicação dos filtros de duplicidade e leitura técnica dos títulos, restaram 52 publicações para a fase de triagem. Conforme os critérios de elegibilidade — que exigiam dados empíricos sobre a eficiência da proteína hidrolisada e foco em pomares de goiaba — foram selecionados 28 artigos para leitura integral. Deste total, 18 estudos apresentaram rigor metodológico e convergência temática suficiente para serem efetivamente utilizados na composição e discussão deste capítulo, garantindo uma base amostral robusta e diversificada (Aluja *et al*., 2021). Como critérios de exclusão, descartaram-se resumos simples, relatos de caso sem fundamentação estatística e pesquisas publicadas fora do intervalo de cinco anos estabelecido. A análise priorizou trabalhos que discutissem a flutuação populacional de *Anastrepha* spp. e *Ceratitis capitata* sob a influência de variáveis bióticas e abióticas. Para o tratamento dos resultados, aplicou-se uma análise de conteúdo descritiva, dividida em pré-análise, exploração do material e síntese interpretativa. O gerenciamento das referências e a padronização das citações foram executados com o auxílio do software Mendeley, em conformidade com as normas da ABNT NBR 10520:2023 (Nunes *et al.,* 2024).

A metodologia buscou ainda integrar as comparações entre o cenário produtivo nacional e os protocolos internacionais de monitoramento. Ao cruzar os dados de eficiência da proteína hidrolisada em diferentes biomas, foi possível consolidar uma base técnica que justifica a utilização da armadilha McPhail como o padrão para a fruticultura sustentável (EPSKY *et al*., 2022). Dessa forma, o rigor aplicado na seleção destes 18 estudos fundamentais assegura a validade científica das discussões apresentadas nas seções subsequentes deste capítulo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficiência Técnica e Propriedades da Armadilha McPhail

"A utilização da armadilha McPhail em pomares de goiaba é uma prática comum de monitoramento, apresentando, nos estudos analisados, resultados consistentes para o acompanhamento populacional. A eficácia deste modelo, frequentemente associada ao uso de

proteína hidrolisada como atrativo alimentar, baseia-se em sua capacidade de mimetizar fontes de nitrogênio necessárias ao metabolismo dos insetos. Dados recentes indicam que o uso de atrativos proteicos tem demonstrado seletividade favorável à captura de fêmeas em fase reprodutiva, auxiliando na estimativa do potencial de danos, conforme discutido por Silva (2022). Ressalta-se que a preferência por este método, conforme observado em diversas publicações, deve-se à sua praticidade e ao custo-benefício em comparação a tecnologias emergentes.

A eficácia deste modelo está associada ao uso da proteína hidrolisada, que atua como atrativo alimentar ao mimetizar fontes de nitrogênio essenciais para o metabolismo dos insetos. Conforme destacado por Silva (2022), esse componente atrai, prioritariamente, fêmeas que buscam suplementação proteica para a maturação dos ovos, o que auxilia na estimativa do potencial de dano reprodutivo no pomar. Em comparação a substâncias puramente açucaradas, a proteína hidrolisada apresenta maior seletividade para a família Tephritidae, o que otimiza a triagem das amostras em laboratório ao reduzir a captura acidental de insetos não-alvo, como polinizadores e predadores, segundo Epsky *et al.* (2022).

Estudos conduzidos por diversos autores nos últimos anos sugerem que a proteína hidrolisada permanece como uma escolha estável para o monitoramento de fêmeas. Embora tecnologias como armadilhas eletrônicas sejam estudadas, a viabilidade econômica massiva destas ainda é um desafio em comparação ao método tradicional, conforme apontado por Nunes et al. (2024). A concentração de 5% de proteína é indicada por Nunes *et al.* (2024) como o ponto de equilíbrio entre a atratividade e o custo operacional, visto que dosagens inferiores podem ter menor sensibilidade, enquanto concentrações excessivas elevam desnecessariamente o custo de manejo

3.2 Dinâmica Populacional e Fatores Ambientais.

A literatura revisada por diversos pesquisadores entre 2021 e 2026 indica que o raio de atração da proteína em armadilhas McPhail tende a ser estável sob diversas condições climáticas. Essa estabilidade permite que os índices de Moscas/Armadilha/Dia (MAD) sejam utilizados como indicadores relevantes para o planejamento fitossanitário.

Os picos populacionais de *Anastrepha* spp. apresentam correlação com a fase de maturação dos frutos. De acordo com Barros et al. (2023), a armadilha McPhail demonstra capacidade de detectar aumentos populacionais com antecedência técnica, permitindo ações preventivas. Fatores abióticos, como pluviosidade e temperatura, exercem influência na taxa de volatilização do atrativo. Em regiões com temperaturas elevadas, recomenda-se a substituição semanal da solução para evitar a decomposição do material orgânico, segundo Silva (2022). Adicionalmente, Silva (2022) destaca

que a eficiência depende da limpeza regular, uma vez que o acúmulo de insetos mortos pode alterar o pH e interferir na emissão dos voláteis.

A sazonalidade da goiabeira não deve ser motivo para a interrupção do monitoramento, dada a presença de hospedeiros alternativos, reforçam Barros *et al.* (2023). A versatilidade da armadilha McPhail permite sua utilização em diversos biomas, auxiliando na padronização em grandes propriedades, conforme concluído por Epsky *et al.* (2022).

3.3 Integração ao MIP e Protocolos de Comercialização.

Embora *Ceratitis capitata* possua dinâmicas de dispersão distintas das espécies nativas de *Anastrepha*, a armadilha McPhail demonstra versatilidade na captura simultânea de ambos os gêneros. Segundo Nunes et al. (2024), isso viabiliza um levantamento faunístico mais abrangente. O posicionamento no terço médio superior da copa é indicado por acompanhar o comportamento de voo e a busca por hospedeiros, conforme observado por Aluja *et al.* (2021).

A interpretação técnica dos dados é o alicerce para a execução do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Quando o índice MAD atinge o nível de ação, a intervenção pode ser realizada de forma localizada, utilizando iscas tóxicas apenas nos focos detectados, conforme orientam Nunes *et al.* (2024). Esta abordagem de controle pontual reduz a carga química no ambiente e a frequência de pulverizações, atendendo às exigências dos mercados consumidores, segundo Barros et al. (2023). Além disso, a aplicação de iscas reduz a frequência de pulverizações em área total, diminuindo custos e mitigando impactos sobre a fauna benéfica, destacam Aluja *et al.* (2021).

A integração do monitoramento com o controle biológico, como a liberação de parasitoides, é uma tendência apontada por Aluja *et al.* (2021). Manter um histórico atualizado é requisito fundamental para a certificação de Áreas Livres de Pragas (ALP), facilitando o acesso ao mercado externo, conforme Barros *et al.* (2023). Comparativamente, estudos de Aluja *et al.* (2021) confirmam a eficácia da proteína hidrolisada em diversas densidades populacionais, enquanto Epsky *et al.* (2022) sugerem que, em climas áridos, a eficácia pode ser otimizada com conservantes.

No Brasil, a alta umidade exige formulações que resistam à diluição por condensação. A literatura global converge ao afirmar que a adoção de protocolos padronizados é essencial, com a armadilha McPhail ocupando lugar de destaque como referencial técnico, conforme mencionado em Silva (2022). O monitoramento robusto assegura a conformidade com padrões internacionais, protegendo o patrimônio do produtor.

4 CONCLUSÃO

A análise das evidências científicas revisadas indica que a armadilha McPhail abastecida com proteína hidrolisada a 5% configura-se como uma metodologia de referência frequentemente adotada para o monitoramento de tefritídeos em pomares de goiaba. A seletividade observada na captura de fêmeas em fase reprodutiva permite uma detecção de tendências populacionais que subsidia a aplicação estratégica do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Os dados indicam que esse sistema pode auxiliar na redução da dependência de intervenções químicas generalizadas, alinhando a fruticultura nacional a padrões de manejo sustentável.

Como implicação prática, os dados gerados pelo índice MAD viabilizam a aplicação localizada de iscas tóxicas e a liberação programada de parasitoides, otimizando os custos de produção e reduzindo o impacto sobre organismos não-alvo. Contudo, a eficácia do método apresenta limitações operacionais associadas a fatores climáticos regionais, como a necessidade de substituição semanal do atrativo em regiões de alta temperatura e o manejo da condensação interna em áreas de elevada umidade relativa, demandando rigor na higienização e manutenção dos dispositivos. Perspectivas futuras de pesquisa devem focar no desenvolvimento de formulações proteicas com maior estabilidade química em biomas tropicais e na validação de aditivos conservantes que prolonguem o tempo de prateleira do atrativo em campo sem comprometer sua seletividade.

REFERÊNCIAS

ALUJA, M. *et al.* **Developments in Tephritid fruit fly management**. Annual Review of Entomology, v. 64, p. 1-20, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111900. Acesso em: 21 abr. 2026.

BARROS, L. S. *et al.* **Eficiência de atrativos alimentares no monitoramento de Anastrepha spp. em pomares de goiaba**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 45, e-123, 2023. DOI: 10.1590/0100-29452023123. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbf. Acesso em: 21 abr. 2026.

COSTA, M. A. *et al.* **Seletividade de proteína hidrolisada na captura de moscas-das-frutas no Semiárido**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 56, e02544, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1678-3921. Acesso em: 21 abr. 2026.

DIAS, N. P. *et al.* **Bioecology and management of Anastrepha fraterculus in fruit orchards**. Journal of Pest Science, v. 95, p. 341-358, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10340-021-01456-x. Acesso em: 21 abr. 2026.

EPSKY, N. D. *et al.* **Traps and Attractants for Monitoring Fruit Flies**. In: Fruit Fly Management. Florida: CRC Press, 2022. DOI: 10.1201/9781003123456. Acesso em: 21 abr. 2026.

FERREIRA, T. P. *et al.* **Influence of abiotic factors on the fluctuation of Tephritidae in guava orchards**. Agricultural Systems, v. 198, 103381, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103381. Acesso em: 21 abr. 2026.

GARCIA, F. R. M. *et al.* **Moscas-das-frutas no Brasil: Histórico e desafios atuais**. Revista Brasileira de Entomologia, v. 65, n. 4, 2021. DOI: 10.1590/1806-9665-RBENT-2021-0085. Acesso em: 21 abr. 2026.

LEITE, G. L. D. *et al.* **Population dynamics of Anastrepha spp. in different biomes**. Environmental Entomology, v. 52, p. 112-125, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1093/ee/nvad045. Acesso em: 21 abr. 2026.

MARTINS, R. J. *et al.* **Optimization of McPhail traps for commercial fruit production**. Crop Protection, v. 165, 106152, 2023. DOI: 10.1016/j.cropro.2022.106152. Acesso em: 21 abr. 2026.

NUNES, A. M. *et al.* **Manejo Integrado de Pragas na cultura da goiaba: Desafios e perspectivas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 57, p. 45-58, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2024.v57.02844. Acesso em: 21 abr. 2026.

OLIVEIRA, L. C. *et al.* **Hydrolyzed protein concentration and its effect on Tephritidae attraction**. Journal of Applied Entomology, v. 147, p. 89-102, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jen.13098. Acesso em: 21 abr. 2026.

PEREIRA, J. D. *et al.* **Socioeconomic impact of fruit fly infestations in the Brazilian Amazon**. Frontiers in Sustainable Food Systems, v. 6, 856412, 2022. DOI: 10.3389/fsufs.2022.856412. Acesso em: 21 abr. 2026.

ROCHA, K. S. *et al.* **Comparative study of McPhail and Jackson traps in tropical orchards**. Neotropical Entomology, v. 52, p. 405-418, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13744-023-01054-w. Acesso em: 21 abr. 2026.

SILVA, R. G. Dinâmica populacional de Tephritidae em frutíferas tropicais. *Journal of Applied Entomology*, v. 146, n. 3, p. 210-225, 2022. DOI: 10.1111/jen.12987. Acesso em: 21 abr. 2026.

SANTOS, P. H. *et al.* **Monitoring Anastrepha striata in the Northern Brazil: A systematic review**. Biological Control, v. 170, 104925, 2022. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2022.104925. Acesso em: 21 abr. 2026.

TEIXEIRA, M. S. *et al.* Use of biological control integrated with monitoring in guava orchards. **Pest Management Science**, v. 80, n. 2, p. 612-625, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ps.7854. Acesso em: 21 abr. 2026.

VALENTE, F. C. *et al.* Advances in attract-and-kill systems for fruit flies. **Journal of Economic Entomology**, v. 116, p. 1201-1215, 2023. DOI: 10.1093/jee/toad089. Acesso em: 21 abr. 2026.

ZANARDI, O. Z. *et al.* **Impact of climate change on the distribution of Ceratitis capitata**. Scientific Reports, v. 12, 14522, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-022-14856-x. Acesso em: 21 abr. 2026.

CAPÍTULO 5

COMUNICAÇÃO QUÍMICA ENTRE PLANTAS MEDIADA PELA HERBIVORIA DE INSETOS: APLICAÇÕES NO MANEJO INTEGRADO DE INSETOS-PRAGAS

Thais Silva de Souza
Mestranda em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Silvana Aparecida de Souza
Doutora em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Isabella Maria Monteiro Pompeu Padial
Doutoranda em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourado, Brasil

José Vinícius Conceição da Cruz
Graduando em Ciências Biológicas – Bacharelado, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Matheus Gonçalves Camargo
Graduando em Biotecnologia – Bacharelado, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Evellen dos Santos Resende
Graduanda em Biotecnologia – Bacharelado, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Ellen Vitória Araújo dos Santos
Graduando em Agronomia – Bacharelado, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Rosilda Mara Mussury
Docente do Programa de Pós-Graduação em nível de Mestrado e Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1345

Resumo: O estresse biótico em plantas está intrinsecamente relacionado a herbivorias. A partir disso, há produção de compostos orgânicos voláteis (COVs) e comunicação planta-planta. O objetivo desse trabalho foi apresentar os mecanismos de comunicação entre as plantas e metabólitos relacionados a herbivoria, além de perspectivas ecológicas e agricultura sustentável. Esse trabalho foi realizado por meio de levantamentos de informações contidas em Periódicos CAPES, *SciELO* e Google Acadêmico, utilizando descritores em português e inglês. A literatura proporcionou informações como, plantas mecanismos de defesa, após o ataque de herbívoros. Seus compostos voláteis induzidos (HIPVs), proporcionam defesa direta, diminuindo alimentação de insetos-praga, além de atrair podadores e inimigos naturais, este sendo considerado defesa indireta. Além disso, plantas comunicam-se através de compostos, controlando populações de insetos herbívoros em outras plantas próximas, mecanismo denominado de "priming". Há hormônios que sinalizadores como ácido jasmônico, ácido salicílico e etileno regulando respostas em vegetais. Para a agricultura, esses mecanismos têm relevância para ser integrado no MIP, agricultura sustentável e ecológica. Em síntese, a comunicação química no âmbito da flora é associada a estratégia adaptativa e possuem relevância na agricultura e ecossistemas, ainda que seja necessário estudos relacionados aos processos fisiológicos.

Palavras-chave: Comunicação Planta-Planta. Compostos Orgânicos. Manejo Integrado de Pragas.

1 INTRODUÇÃO

Plantas podem sofrer alterações em sua composição em razão de estresses bióticos, como insetos, bactérias, vírus, fungos e nematoides. Esses fatores podem reduzir a capacidade anual de produção de alimentos, ocasionando perdas em cultivos agrícolas. Além disso, os estresses abióticos também são fatores limitantes para a produção, sendo ocasionados por variações de temperatura, períodos de seca e salinidade (Oerke, 2005; Mantri *et al.*, 2012).

O hábito alimentar de insetos em plantas hospedeiras pode ocasionar alterações na composição química dos vegetais, contribuindo para que as plantas desenvolvam estratégias de defesa. Nesse sentido, observa-se a produção e liberação de compostos orgânicos voláteis (COVs). Esses compostos participam da defesa dos vegetais, podendo ocasionar toxicidade ou dissuasão alimentar. Os COVs são percebidos por insetos herbívoros, predadores, parasitoides e até mesmo por outras plantas, constituindo um dos principais mecanismos de comunicação química entre os organismos (Wu *et al.*, 2009; Erb *et al.*, 2015).

Além dessas interações, os compostos participam de relações intraespecíficas, com plantas vizinhas, por meio de sinais químicos liberados pelas plantas. Esses compostos podem ser liberados poucos minutos após os danos causados por herbivoria, cerca de 40 minutos após a alimentação do inseto na planta hospedeira. Uma vez liberados, podem ser reconhecidos por insetos herbívoros, predadores e até mesmo por plantas próximas, favorecendo a comunicação química entre as plantas e o ambiente (Erb., *et al* 2015).

A defesa de diversas plantas também está associada a hormônios, como o ácido salicílico, que atua na regulação das respostas de defesa e na resistência de plantas. Esse composto, por exemplo, pode ocasionar repelência ou atração de insetos herbívoros. Espécies como *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 175) e *Aphis fabae* (Scopoli, 1763) são repelidas pelo salicilato de metila quando se alimentam de plantas hospedeiras (Hardie, 1994; Glinwood, 2000). Já o ácido jasmônico (JA) é outro fitohormônio importante, podendo estar associada à resistência das plantas ao estresse abiótico e à regulação de respostas fisiológicas (Karpets *et al*., 2014).

Nesse sentido, compreender a função desses compostos e sua importância na agricultura, é essencial, pois os voláteis podem modificar a fisiologia e o comportamento de insetos-praga, além de influenciar populações de inimigos naturais e predadores, auxiliando no controle de pragas em cultivos. Esse conhecimento também pode contribuir para a identificação antecipada da ocorrência de insetos-praga, tornando as plantas indicadoras. Nesse sentido, esses recursos podem ser aplicados ao Manejo Integrado de Pragas (MIP), contribuindo para a redução do uso de inseticidas sintéticos (Hatano *et al*., 2015). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar os processos relacionados à comunicação entre as plantas induzida pela herbivoria, e suas aplicações na agricultura sustentável, destacando as interações ecológicas e as aplicações no Manejo Integrado de Pragas.

2 METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico para a realização deste trabalho, baseou-se em informações contidas em livros, dissertações, e artigos, consultadas no Periódico CAPES, na *SciELO* e no Google Acadêmico, utilizando descritores como: "Compostos orgânicos voláteis (COVs)", "Defesa Vegetal" “Ácido Salicílico”, “´Ácido Jasmônico” “Manejo Integrado de Pragas” e "Comunicação Planta-Planta". Essas palavras-chave foram utilizadas em português e em inglês, com a finalidade de ampliar os resultados, sendo também combinadas com operador booleano “and”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Interações planta-herbívoro nos ecossistemas

Há uma imensa variedade de compostos orgânicos voláteis (COVs), presentes nas plantas, os quais podem ser produzidos de forma constitutiva ou induzida, através de respostas quando submetidas a diferentes tipos de estresse, por exemplo, compostos voláteis induzidos por herbívoros (HIPVs), produzidos em respostas ao ataque de insetos-praga (Dicke, 2009). Além disso, esses voláteis desempenham funções ecológicas importantes, pois podem reduzir os efeitos do estresse causado à planta pelos danos decorrentes da alimentação de herbívoros. Com isso, ocorre a atração de inimigos naturais, proporcionando um controle populacional mais sustentável e efetivo (Dicke, 1988).

3.2 Herbivoria como gatilho de respostas químicas

A produção de metabólitos em plantas, como a nicotina e as furanocumarinas, pode ocasionar efeitos letais sobre artrópodes herbívoros, e principalmente em insetos generalistas que não estão adaptados aos compostos presentes nessas plantas hospedeiras (Schoonhoven, 2006).

Existem duas classificações de mecanismo de defesa utilizado pelas plantas: a defesa direta e a defesa indireta. A defesa direta afeta diretamente o inseto utilizando compostos químicos, como a nicotina ou furanocumarinas que ocasionam toxicidade. Essa toxicidade está relacionada com a presença de inibidores de proteases ou polifenol oxidases, substâncias presentes na composição dos vegetais que prejudicam a digestão e, consequentemente, diminuem o aproveitamento de nutrientes pelos insetos que utilizam plantas como fonte de alimento. Além de respostas químicas, a defesa direta pode incluir barreiras físicas, presentes nas plantas, que dificultam agentes patogênicos aos tecidos dos vegetais, como a parede celular, a suberina, a calose e a cutícula, entre outras estruturas (Arimura, 2005; Schoonhoven, 2006).

Há indícios que a indução de fitohormônios, como o ácido jasmônico, seja capaz de regular o crescimento em plantas, sendo benéfica por favorecer seu desenvolvimento e sua defesa. Porém, derivados do ácido jasmônico, como Jasmonato de Metila (MeJA), podem levar à mortalidade de inimigos naturais de insetos-praga. Há relatos de que a indução MeJA reduziu o índice de oviposição de *Manduca sexta* (Linnaeus, 1763) (Thaler, 1999; Kessler, 2001), inseto de relevância econômica em determinados contextos agrícolas (Schnee., *et al* 2006).

O ácido jasmônico (JA), atua estimulando a resposta da planta à herbivoria, tendo a capacidade de ativar genes no local em que a planta está sendo atacada. Esses genes participam da síntese de compostos envolvidos na defesa, como as terpeno sintases, responsáveis pela produção de compostos voláteis, podendo atrair inimigos naturais, auxiliando em controle natural das populações de insetos herbívoros (Schnee., *et al* 2006).

Wissen Editora, 2026 |ISBN 978-65-6219-019-9|DOI: 10.52832/wed.225

Outro hormônio vegetal relevante é o ácido salicílico, que atua como molécula sinalizadora em respostas à herbivoria e a outros tipos de estresse. Os fitormônios, principalmente o ácido jasmônico, o etileno e o ácido salicílico, são importantes na regulação dos voláteis que são induzidos após o ataque de herbívoros, contribuindo para minimizar os danos à planta hospedeira (Schnee., *et al* 2006; Ballaré, 2011).

3.3 Comunicação planta–planta

O pioneiro nos estudos em comunicação bioquímica entre as plantas foi o David Rhoades, que relatou, em seu trabalho, a diminuição no desenvolvimento em *Salix sitchensis* (Bong., 1832) um tipo de salgueiro, quando essa planta estava próxima de árvores danificadas. Essa alteração no desenvolvimento foi comparada com a de árvores próximas a plantas vizinhas não danificadas (Rhoades, 1983).

Em suma, plantas atacadas por herbívoros têm capacidade de liberar substâncias químicas no ar, que podem ser detectadas por plantas próximas que não estão sob ataque. Além disso, essas plantas podem passar por "priming", processo que auxilia respostas rápidas aos ataques futuros. Em estudos realizados em milho *Zea mays* L., 1753 (Poaceae), destacam-se a comparações entre plantas normais e mutantes, nas quais somente as mutantes não apresentaram capacidade de produzir compostos essenciais para sinalizar outras plantas sobre a presença de insetos herbívoros no ambiente. Por meio dessa comunicação induzida, liberada no ambiente em situações de defesa, é possível preparar plantas vizinhas com antecedência, contribuindo para o controle de populações de insetos causadores de danos (Erb, *et al* 2015).

3.4 Efeitos ecológicos: Alterações no comportamento de herbívoros Atração de inimigos naturais

Além das defesas químicas utilizadas pelas plantas, elas também possuem estruturas morfológicas que podem auxiliar na defesa, como as domácias e os nectários extraflorais, relacionados à oferta de alimento e abrigo para outros organismos. Essas estruturas atraem inimigos naturais, como parasitoides e predadores, que se alimentam de herbívoros causadores de danos à planta hospedeira. Nesse sentido, Mathews *et al.* (2011) afirmam que os nectários extraflorais em plantas como o pessegueiro, *Prunus persica* (Linnaeus, 1758), ocasionam aumento significativo de populações de formigas predadoras de insetos considerados pragas. Esses organismos têm capacidade de reduzir significativamente o número de ovos, larvas e pupas de *Grapholita molesta*

(Busck, 1916), estabelecendo, assim, uma relação ecológica harmônica e interespecífica no ambiente.

Entretanto, os autores observaram que essas formigas também podem interagir de forma negativa com o parasitismo de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) por *Trichogramma minutum* (Riley, 1871), impedindo sua oviposição. Em testes realizados, a ausência de formigas levou a uma redução significativa da densidade populacional de parasitoides e predadores. Assim, há evidências de que as interações ecológicas harmônicas e desarmônicas estabelecidas entre diferentes espécies, como inimigos naturais, insetos-praga e formigas predadoras, podem ser complexas, apresentando tanto influências negativas para o controle biológico quanto efeitos positivos no controle populacional de insetos. Isso ocorre porque as formigas são atraídas pelos nectários extraflorais durante a primavera, favorecendo o controle de herbívoros, mas podendo prejudicar parasitoides que também auxiliam no manejo de insetos-praga (Mathews *et al*., 2011).

3.5 Aplicações agrícolas

Os compostos orgânicos voláteis produzidos pelas plantas podem ser incorporados ao Manejo Integrado de Pragas (MIP), ocasionando repelência de insetos e favorecendo a defesa vegetal. O MIP reúne estratégias sustentáveis para controle de insetos-praga e, nesse contexto, a utilização de compostos orgânicos voláteis (COVs), como o limoneno, por meio de pulverizações no controle de mosca-branca, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856), no cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum* L., 1753 (Solanaceae), tem apresentado resultados promissores, causando repelência desses organismos. logo. Assim, observa-se o potencial inseticida dos COVs.

Além disso, as plantas podem atuar como sinalizadoras, contribuindo para o aumento da produção agrícola. Em goiabeiras, *Psidium guajava* L., 1753 (Myrtaceae), por exemplo, a emissão de altos níveis de (E)-β-cariofileno e (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT) induz respostas químicas no vegetal, favorecendo o acúmulo de ácido jasmônico e a defesa. Adicionalmente, o ácido jasmônico favorecem a atração de inimigos naturais, como *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922). Essa estratégia pode ser incorporada ao MIP, contribuindo para o controle biológico mais eficiente, além do estabelecimento de relações ecológicas importantes no sistema de cultivo (Niall, 2020).

As plantas sinalizadoras também auxiliam no manejo de pragas, uma vez que podem responder à presença de insetos-praga por meio da comunicação química desencadeada pelo estresse. Nesse sentido, observa-se a importância ecológica dos COVs e de seus efeitos sobre plantas próximas, ainda não estressadas, as quais podem ativar respostas de defesa. Por meio disso, ocorre sinalização ante o enfrentamento de futuros desafios causados por estresse. No entanto,

ainda há carência de estudos em fisiologia do estresse biótico em plantas, bem como sobre suas sinalizações e os mecanismos de interação planta-planta mediados por esses compostos (Midzi., *et al* 2022).

4 CONCLUSÃO

A comunicação química em plantas está intrinsecamente relacionada com a liberação de COVs. essa comunicação ocorre quando a planta hospedeira está sendo atacada por insetos herbívoros. a alimentação desses insetos na planta hospedeira pode induzir a liberação de diversos compostos de defesa no ambiente, mostrando-se uma estratégia evolutiva dos vegetais para adaptar-se ao estresse biótico. a defesa vegetal está associada a compostos orgânicos que podem realizar comunicação química, resultando em um processo denominado "priming", no qual plantas que não estão sendo utilizadas como alimento por artrópodes respondem a possíveis estresses futuros a partir da comunicação química estabelecida por plantas próximas. Nesse contexto, há perspectivas para uma agricultura sustentável, por meio da integração entre compostos orgânicos voláteis e interações ecológicas intraespecíficas e interespecíficas, buscando a conservação da biodiversidade e a otimização da produção agrícola no país. Entretanto, ainda há necessidade de estudos relacionados à comunicação planta-planta e, principalmente, aos processos fisiológicos envolvidos.

REFERÊNCIAS

ARIMURA, G.-I.; MATSUI, K.; TAKABAYASHI, J. Ecological and molecular characterization of herbivore-induced plant volatiles: proximate factors and their ultimate functions. **Plant and Cell Physiology**, v. 50, p. 911-923, 2009. DOI: https://doi.org/10.1093/pcp/pcp030

ARIMURA, G.; KOST, C.; BOLAND, W. Herbivore-induced plant volatiles: a defensive response. Trends in **Plant Science**, v. 10, n. 7, p. 343-349, 2005.

BALLARÉ, C. L. Jasmonate-induced defenses: a tale of intelligence, collaborators and rascals. Trends in **Plant Science**, v. 16, n. 5, p. 249-257, 2011. DOI: 10.1016/j.tplants.2010.12.001

CONBOY, N. J. A.; MCDANIEL, T.; GEORGE, D.; ORMEROD, A.; EDWARDS, M.; DONOHOE, P.; GATEHOUSE, A. M. R.; TOSH, C. R. Volatile organic compounds as insect repellents and plant elicitors: an integrated pest management (IPM) strategy for glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 46, n. 11-12, p. 1090-1104, 2020. DOI: doi.org/10.1007/s10886-020-01229-8

DICKE, M. Behavioural and community ecology of plants that cry for help. **Plant, Cell & Environment**, v. 32, p. 654-665, 2009. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01913.x

DICKE, M.; BALDWIN, I. T. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles. **Annual Review of Entomology**, v. 55, p. 1-20, 2010.

DICKE, M.; SABELIS, M. W. How plants obtain predatory mites as bodyguards. **Netherlands Journal of Zoology**, v. 38, p. 148-165, 1988.

DUDAREVA, N.; NEGRE, F.; NAGEGOWDA, D. A.; ORLOVA, I. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 25, p. 417-440, 2006.

ERB, M.; VEYRAT, N.; ROBERT, C. A. M.; XU, H.; FREY, M.; TON, J.; TURLINGS, T. C. J. Indole is an essential herbivore-induced volatile priming signal in maize. **Nature Communications**, v. 6, art. 6273, 2015. DOI: 10.1038/ncomms7273.

GLINWOOD, R. T.; PETTERSSON, J. Change in response of spring migrants of *Rhopalosiphum padi* to the repellent winter host component methyl salicylate. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 94, p. 325-330, 2000. DOI: **https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00634.x**

HARDIE, J.; ISAACS, R.; PICKETT, J. A.; WADHAMS, L. J.; GALINHOLA, C. M. Methyl salicylate and myrtenal are plant-derived repellents for the black bean aphid, *Aphis fabae*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 2847-2855, 1994.

HATANO, E.; SAVEER, A. M.; BORRERO-ECHEVERRY, F.; STRAUCH, M.; ZAKIR, A.; BENGTSSON, M.; IGNELL, R.; ANDERSON, P.; BECHER, P. G.; WITZGALL, P.; DEKKER, T. A herbivore-induced plant volatile interferes with host plant and mate location in moths through suppression of olfactory signalling pathways. BMC Biology, v. 13, p. 75, 2015. DOI: 10.1186/s12915-015-0188-3

HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles: targets, perception and unanswered questions. **New Phytologist**, v. 204, p. 297-306, 2014. DOI: **https://doi.org/10.1111/nph.1297**

KARPETS, Y. V.; KOLUPAEV, Y. E.; LUGOVAYA, A. A.; OBOZNYI, A. I. Effect of jasmonic acid on the pro/antioxidant system of wheat coleoptiles under heat stress. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 61, p. 339-346, 2014. DOI: 10.1134/S102144371402006X.

KESSLER, A.; BALDWIN, I. T. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. **Science**, v. 291, n. 5511, p. 2141-2144, 2001. DOI: 10.1126/science.291.5511.2141.

MANTRI, N.; PATADE, V.; PENNA, S.; FORD, R.; PANG, E. **Abiotic stress responses in plants: present and future**. In: MANTRI, N.; PATADE, V.; PENNA, S.; FORD, R.; PANG, E. (ed.). Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability. New York: Springer, 2012. p. 1-19.

MATHEWS, C. R.; BOTTRELL, D. G.; BROWN, M. W. Interactions Between Extrafloral Nectaries, Ants (Hymenoptera: Formicidae), and Other Natural Enemies Affect Biological Control of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) on Peach (Rosales: Rosaceae) **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n. 3, p. 973-982, 2011. DOI: 10.1603/EN10161.

MIDZI, J.; JEFFERY, D. W.; BAUMANN, U.; ROGIERS, S. Y.; TYERMAN, S. D.; PAGAY, V. Stress-induced volatile emissions and signalling in inter-plant communication. **Plants**, v. 11, n. 20, art. 2769, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11192566

MUMM, R.; DICKE, M. Variation in natural plant products and the attraction of bodyguards involved in indirect plant defense. **Canadian Journal of Zoology**, v. 88, p. 628-667, 2010. DOI: https://doi.org/10.1139/Z10-032

OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 31-43, 2005. DOI: https://doi.org/10.1017/S0021859605005708

RHOADES, D. F. Responses of alder and willow to attack by tent caterpillars and webworms: evidence for pheromonal sensitivity of willows. In: HEDIN, P. A. (ed.). **Plant resistance to insects**. Washington: American Chemical Society, 1983. p. 55-68. DOI: https://doi.org/10.1021/bk-1983-0208.ch004

SCHNEE, C.; KÖLLNER, T. G.; HELD, M.; TURLINGS, T. C. J.; GERSHENZON, J.; DEGENHARDT, J. The products of a single maize sesquiterpene synthase form a volatile defense signal that attracts natural enemies of maize herbivores. **Plant Physiology**, v. 141, n. 3, p. 1125-1136, 2006. DOI:https://doi.org/10.1073/pnas.0508027103.

SCHOONHOVEN, L. M.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. **Insect-plant biology**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2005.

THALER, J. S. Jasmonate-inducible plant defences cause increased parasitism of herbivores. **Nature**, v. 399, p. 686-688, 1999. DOI: 10.1038/21420.

TURLINGS, T. C. J.; ERB, M. Tritrophic interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 433-452, 2018. DOI: **https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043507**

WU, G.; HARRIS, M. K.; GUO, J.; WAN, F. Temporal allocation of metabolic tolerance in *Helicoverpa armigera* in response to cotton cultivars with gossypol. **Science China Life Sciences**, v. 52, p. 1140-1147, 2009. DOI: 10.1007/s11427-009-0157-6

ZHOU, S.; JANDER, G. Molecular ecology of plant volatiles in interactions with insect herbivores. **Journal of Experimental Botany**, v. 73, n. 2, p. 449-462, 2022. DOI: 10.1093/jxb/erab413.

CAPÍTULO 6

SUBSTITUIÇÃO E PERDA ORDENADA DE TÁXONS EM ASSEMBLEIAS DE MACROINVERTEBRADOS DE IGARAPÉS DE ALTITUDE DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Jaqueline Silva de Oliveira
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia/Universidade Federal do Pará, Brasil

Renan Marques Siqueira
Programa de Pós-Graduação em Ecologia/Universidade Federal do Pará, Brasil

Fábio Renan Miranda da Silva
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia/Universidade Federal do Pará, Brasil

Maria Eduarda Cabral Liberal
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia/Universidade Federal do Pará, Brasil

Camila Pinto Leão
Programa de Pós-Graduação em Ecologia/Universidade Federal do Pará, Brasil

Bruno Spacek Godoy
Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares/Universidade Federal do Pará, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1346

Resumo: As mudanças no uso da terra podem alterar a composição das assembleias aquáticas, promovendo substituição ou perda de táxons ao longo de gradientes ambientais. Este estudo avaliou os componentes da diversidade beta de macroinvertebrados em 16 igarapés de altitude da Serra dos Carajás, sudeste do Pará, e investigou suas relações com a integridade ambiental e o uso da terra. A diversidade beta total foi calculada a partir de dados de ocorrência e decomposta em substituição e aninhamento. As relações entre composição e variáveis ambientais foram avaliadas por testes de Mantel. A diversidade beta total apresentou média de 0,716, com predominância da substituição sobre o aninhamento, indicando que as diferenças entre os igarapés resultam principalmente da substituição de táxons. A diversidade beta total e a substituição apresentaram associações com a variação ambiental, enquanto o aninhamento não mostrou relação significativa. A substituição esteve associada ao IID, à pastagem e à cobertura vegetal, com maior correlação para a pastagem. A mineração não apresentou associação. Os resultados demonstram que o uso da terra e a integridade dos habitats influenciam a reorganização das assembleias de macroinvertebrados, destacando a importância da conservação da cobertura vegetal e do manejo adequado das áreas alteradas no entorno dos igarapés.

Palavras-chave: Diversidade beta. Aninhamento. Integridade Ambiental. Biomonitoramento.

1 INTRODUÇÃO

Os igarapés amazônicos constituem um sistema de água corrente de pequeno porte que sustenta um mosaico de habitats que abrigam comunidades de elevada relevância ecológica para a biodiversidade da Amazônia (Junk *et al.*, 2024). Esses ambientes são constantemente pressionados pelas atividades antrópicas crescentes, e essas mudanças de uso da terra trazem diversos impactos para esses ecossistemas (Leal *et al.*, 2016). Nesses ambientes, as assembleias aquáticas são influenciadas por variações locais de substrato, disponibilidade de matéria orgânica, integridade da vegetação ripária, regime hidrológico e qualidade da água (Da Costa; Rocha, 2016; Junk *et al.*, 2024). Os impactos antrópicos levam à simplificação estrutural dos habitats e podem modificar a composição das comunidades nesses ecossistemas, favorecendo a perda de táxons sensíveis ou a substituição por táxons mais tolerantes (De Faria *et al.*, 2017). Nesse contexto, as mudanças no uso da terra podem afetar a riqueza de organismos e a identidade dos táxons que compõem essas comunidades (Feio *et al.*, 2023; Liberal *et al.*, 2025).

A Serra dos Carajás, no sudeste do Pará, representa uma região estratégica para compreender esses efeitos, pois abriga áreas protegidas de elevada importância ecológica, como a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, inserida na Província Mineral de Carajás (Tofeti; Campos, 2019; Viana *et al.*, 2016). Apesar de sua relevância para a conservação, a região apresenta áreas degradadas em seu entorno, principalmente associadas à pecuária, além da influência de atividades minerárias no interior da paisagem (Souza-Filho *et al.*, 2019). Nesse contexto, os igarapés da bacia do rio Itacaiúnas constituem ambientes importantes para avaliar como diferentes níveis de alteração ambiental, incluindo mineração, pastagem e redução da cobertura vegetal, afetam a composição e a organização das comunidades aquáticas (Oliveira *et al.*, 2025a).

Entre os grupos utilizados para avaliar a condição ecológica de ambientes lóticos, os macroinvertebrados bentônicos são amplamente utilizados devido à sua elevada diversidade, grande variação de tolerância ambiental e forte dependência das condições locais de hábitat. (Oliveira *et al.*, 2025a). Dessa forma, mudanças na estrutura dessas comunidades podem indicar alterações na qualidade ambiental, na disponibilidade de recursos e na complexidade dos habitats, tornando esse grupo especialmente relevante para estudos de biomonitoramento e avaliação ecológica em ambientes como os igarapés amazônicos (Ruaro *et al.*, 2024). A mudança na composição de comunidades pode ser medida e analisada usando os conceitos de diversidade beta, pois se baseia na dissimilaridade ou compartilhamento taxonômico entre áreas diferentes (Soininen; Heino; Wang, 2018). Dessa forma podemos distinguir dois padrões ecológicos com implicações distintas, sendo eles: a substituição de táxons que descreve a substituição de táxons entre comunidades, indicando que diferentes locais abrigam conjuntos faunísticos próprios, possivelmente em resposta a filtros ambientais, à heterogeneidade de habitats ou a diferenças na intensidade dos distúrbios (Soininen; Heino; Wang, 2018); e o aninhamento, que aborda situações em que comunidades menos diversas representam subconjuntos de comunidades mais ricas, refletindo geralmente a perda ordenada de táxons e o empobrecimento das assembleias em ambientes sob maior pressão ambiental (Callisto *et al.*, 2021; Hawkins *et al.*, 2015; Wang; Han, 2023).

Nosso estudo teve como objetivo avaliar se a variação na composição de macroinvertebrados entre igarapés amazônicos ocorre principalmente por substituição de táxons ou por aninhamento, e verificar como esses componentes se relacionam com a integridade ambiental e o uso da terra na Serra dos Carajás. Para isso, testamos as relações entre diversidade beta total, substituição de táxons e aninhamento com o Índice Integrado de Distúrbio (IID), a cobertura por pastagem, a atividade minerária e a cobertura vegetal no entorno dos igarapés. Esperamos que igarapés mais distintos ambientalmente apresentem maior dissimilaridade na composição de macroinvertebrados, especialmente por aumento da substituição de espécies.

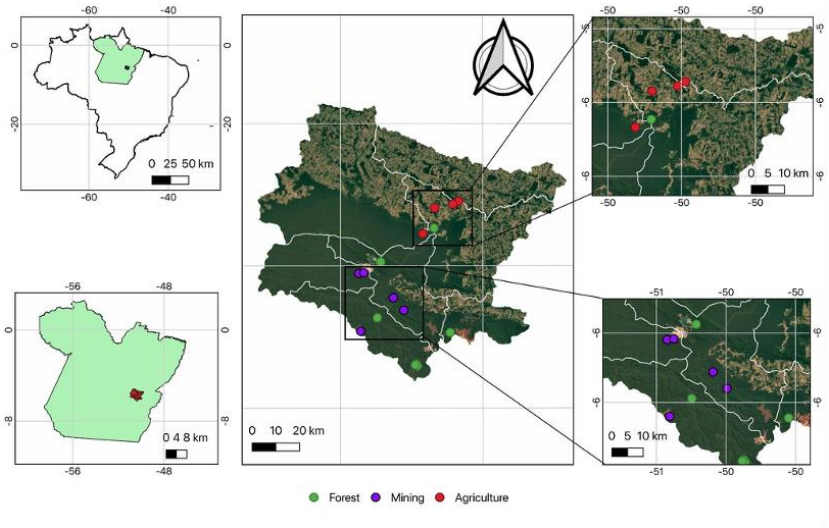
Também esperamos que diferenças em pastagem, mineração e redução da vegetação estejam associadas à substituição de táxons, enquanto o aninhamento seja mais evidente caso os ambientes mais alterados representam subconjuntos empobrecidos das comunidades presentes em igarapés menos impactados.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em 16 igarapés localizados na bacia do rio Itacaiúnas (Figura 1), na região da Serra dos Carajás, sudeste do estado do Pará, Amazônia oriental.

Figura 1 - Localização das áreas dos igarapés amostrados, Floresta Nacional do Tapirapé Aquiri, região da Serra dos Carajás, sudeste do Pará, Amazônia Oriental. Pontos Verdes: Área de florestas; Pontos roxos: área de mineração; Pontos Vermelhos: Área de Agricultura.



Fonte: Autores, 2026.

2.2 Coleta de material biótico e abiótico

Em cada igarapé, coletamos cinco amostras de macroinvertebrados aquáticos ao longo de um trecho de 50 m. As amostragens foram realizadas em áreas de folhiço acumulado em corredeiras, por meio de rede do tipo *kick net*, com área de 30 × 30 cm e malha de 500 µm. Esse habitat foi priorizado por apresentar elevada complexidade estrutural e alta disponibilidade de matéria orgânica, o que favorece a ocorrência de diferentes grupos de macroinvertebrados. O material coletado foi acondicionado em campo em álcool 70% e posteriormente levado ao laboratório, onde os organismos foram triados e identificados até o menor nível taxonômico possível, com auxílio de estereomicroscópio e chaves de identificação especializadas. Para

caracterizar o nível de alteração ambiental utilizamos o Indice Integrado de Distúrbio (IID), seguindo a metodologia de Oliveira e colaboradores (2025).

2.3 Análise de dados

A variação na composição de assembleias de macroinvertebrados entre os igarapés foi avaliada a partir de uma matriz de presença e ausência dos táxons. A diversidade beta total foi calculada com base no índice de Sorensen e decomposta nos componentes substituição e aninhamento, permitindo distinguir a substituição de táxons entre comunidades do aninhamento de comunidades menos diversas em relação às mais ricas. O índice de Sorensen foi escolhido para o cálculo da diversidade beta pois é baseado em dados de ocorrência, dando duplo peso as espécies compartilhadas (Legendre; Legendre, 2012).

Para avaliar a relação entre a variação composicional e o gradiente ambiental, foram calculadas matrizes de distância ambiental com base no Índice Integrado de Distúrbio (IID) e nas variáveis de uso e cobertura da terra, incluindo pastagem, mineração e vegetação. As associações entre beta total, substituição, aninhamento e as distâncias ambientais foram testadas por Mantel, com correlação de Spearman e 999 permutações. A composição das comunidades também foi representada por PCoA, utilizando a distância de Sorensen ara dados de ocorrência. Todas as análises foram realizadas no R, com os pacotes *vegan* e *betapart*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

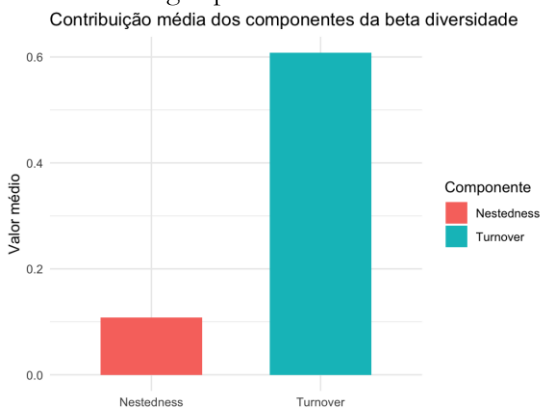
Nossos resultados apresentaram 126 táxons de macroinvertebrados distribuídos nos 16 igarapés, totalizando 1.916 indivíduos. A riqueza variou de 2 a 40 táxons por igarapé, com média de 23,88 ± 10,70 táxons. A maior riqueza foi encontrada no igarapé 11 com 40 táxons, enquanto a menor ocorreu no igarapé 15 com 2 táxons. A abundância total variou de 8 a 418 indivíduos, sendo novamente o igarapé 11 o ambiente com maior abundância e o igarapé 15 com a menor. Os táxons mais abundantes foram *Anacroneuria* (204 indivíduos), *Oecetis* (190 indivíduos) e *Chimara* (119 indivíduos), já em relação ao gradiente ambiental, o IID variou de 0,005 a 0,982, indicando ampla variação no nível de distúrbio entre os igarapés analisados.

A composição das assembleias de macroinvertebrados apresentou elevada variação entre os igarapés amostrados (diversidade beta com média de 0,716), indicando alta dissimilaridade taxonômica entre os pares de igarapés. Ao decompor a diversidade beta em seus componentes, observamos a maior contribuição da substituição em relação ao aninhamento. O valor médio de substituição foi de 0,608, enquanto o aninhamento apresentou média de 0,109, indicando que a variação composicional entre os igarapés foi explicada predominantemente pela substituição de

Wissen Editora, 2026 |ISBN 978-65-6219-019-9|DOI: 10.52832/wed.225

táxons, e não pelo aninhamento de comunidades menos diversas em relação às mais ricas (Figura 2).

Figura 2 – Contribuição/a média dos componentes da diversidade beta de macroinvertebrados nos igarapés amostrados.



Fonte: Autores, 2026.

Esse resultado indica que os igarapés avaliados não representam apenas um gradiente de empobrecimento faunístico, no qual ambientes mais alterados perderiam parte dos táxons presentes em locais mais preservados. Ao contrário, o predomínio da substituição sugere a ocorrência de reorganização da composição taxonômica, com substituição de organismos entre os igarapés. Esse padrão é esperado em paisagens ambientalmente heterogêneas, nas quais diferentes condições locais e níveis de distúrbio atuam como filtros ambientais, favorecendo conjuntos distintos de táxons entre os ambientes (Callisto *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2024; Soininen; Heino; Wang, 2018).

Os testes de Mantel indicaram que o componente substituição apresentou associação significativa com as diferenças entre os igarapés quanto ao IID ($r = 0{,}446$; $p = 0{,}013$) e à vegetação ($r = 0{,}489$; $p = 0{,}002$). A maior associação foi observada para a pastagem, indicando que diferenças na cobertura por pastagem no entorno dos igarapés estavam mais fortemente relacionadas à substituição de táxons. Por outro lado, a mineração não apresentou associação significativa com a substituição ($r = -0{,}251$; $p = 0{,}901$). O componente aninhamento não apresentou associação significativa com nenhuma das variáveis testadas, reforçando que a variação entre os igarapés foi explicada principalmente pela substituição de táxons, e não pela perda ordenada dos mesmos.

A associação entre a diversidade beta total e a distância ambiental geral mostra que igarapés mais distintos ambientalmente também tendem a apresentar comunidades mais diferentes entre si. Como essa relação foi significativa para a substituição, mas não para o aninhamento, os resultados indicam que a mudança ambiental está mais relacionada à substituição de táxons do que à perda ordenada de organismos. Em sistemas lóticos, alterações na integridade ambiental, no uso do solo e nas condições locais de habitat podem modificar a composição das assembleias de

macroinvertebrados, especialmente por afetarem organismos com diferentes graus de tolerância às mudanças no substrato, na qualidade da água e na disponibilidade de recursos (Hepp *et al.*, 2016; Macedo *et al.*, 2016; Ruaro *et al.*, 2020).

Ao avaliar separadamente as variáveis ambientais e de uso da terra, a substituição apresentou associação significativa com a distância em IID (r = 0,369; p = 0,001), pastagem (r = 0,585; p = 0,003) e vegetação (r = 0,489; p = 0,002). A pastagem apresentou a maior correlação com a substituição, indicando que diferenças na cobertura por pastagem entre os igarapés estão fortemente associadas à substituição de táxons. A mineração não apresentou associação com a substituição (r = -0,251; p = 0,901). O aninhamento, por sua vez, não apresentou relação com IID, pastagem, mineração ou vegetação.

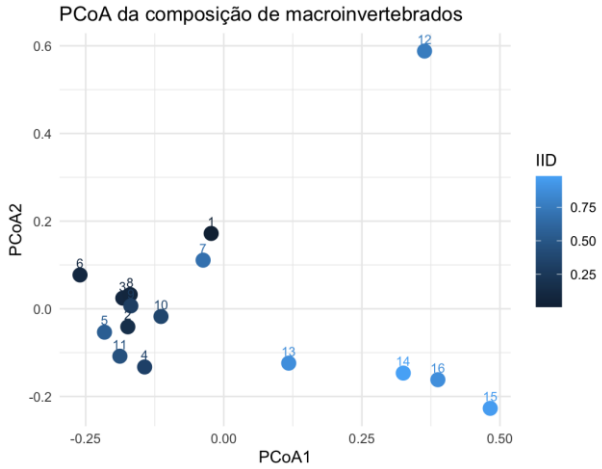
A maior associação da substituição com a pastagem sugere que a expansão agropecuária no entorno dos igarapés pode ser um dos principais fatores relacionados à reorganização das assembleias de macroinvertebrados. Áreas de pastagem tendem a reduzir a cobertura vegetal ripária, aumentar o carreamento de sedimentos e simplificar a estrutura dos habitats aquáticos, alterando a disponibilidade de abrigo e de matéria orgânica para a fauna bentônica. A associação com a vegetação reforça esse padrão, pois a cobertura vegetal exerce papel essencial na manutenção da estabilidade das margens, na regulação da entrada de luz e no fornecimento de recursos alóctones para os riachos. Assim, a substituição de táxons observada neste estudo parece refletir principalmente mudanças na estrutura dos habitats e nos recursos disponíveis ao longo do gradiente de uso da terra (Fierro *et al.*, 2017; Hepp *et al.*, 2016).

A ausência de associação entre a substituição de táxons e a mineração, embora contrarie o padrão geralmente esperado para ambientes aquáticos sob influência minerária, sugere que esse impacto não foi o principal fator estruturador da variação composicional no conjunto de igarapés avaliado. Uma possível explicação é que a atividade minerária na região da Serra dos Carajás ocorre sob processos de licenciamento, monitoramento e controle ambiental, com participação de órgãos gestores e definição de condicionantes para sua operação, o que pode reduzir seus efeitos diretos sobre os trechos amostrados quando comparada a impactos mais difusos, como a expansão de pastagens e a perda de cobertura vegetal (Sánchez, 2013; Cirne; Giacomazzi, 2021). Dessa forma, os resultados indicam que a substituição de táxons esteve mais relacionada às alterações associadas à pastagem, à vegetação e à integridade ambiental do que à mineração isoladamente.

A PCoA, baseada na distância de Sorensen, evidenciou diferenças na composição de macroinvertebrados entre os igarapés. A maioria dos pontos ficou agrupada no gráfico, indicando composição semelhante, já os igarapés 12, 13, 14, 15 e 16 ficaram mais afastados, o que indica

maior diferença na composição dessas comunidades. Esse resultado é coerente com o predomínio do *turnover* na diversidade beta (Figura 3).

Figura 3 – PCoA da composição de macroinvertebrados nos igarapés amostrados. Gradiente azul representa o IID, tons mais claros indica maior distúrbio ambiental.



Fonte: Autores, 2026.

A separação de alguns igarapés na PCoA reforça que parte da variação entre os ambientes está relacionada à mudança na identidade dos táxons. Os igarapés mais afastados no espaço de ordenação apresentam composição mais distinta em relação aos demais, contribuindo para o aumento da diversidade beta regional. Esse padrão é especialmente importante para a conservação, pois indica que a perda ou alteração de determinados igarapés pode representar não apenas redução da riqueza local, mas também perda de combinações particulares de táxons. Portanto, a manutenção de diferentes trechos de igarapés ao longo do gradiente ambiental é relevante para conservar a diversidade regional de macroinvertebrados e a integridade ecológica dos sistemas lóticos amazônicos (Soininen; Heino; Wang, 2018; Callisto *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2024).

4 CONCLUSÃO

Nossos resultados indicam que a variação na composição de macroinvertebrados entre os igarapés da Serra dos Carajás foi explicada predominantemente pelo componente substituição, indicando que as diferenças entre as assembleias ocorreram principalmente por substituição de táxons, e não por aninhamento. Esse padrão evidencia que as alterações ambientais não resultam apenas em empobrecimento das comunidades, mas promovem mudanças na identidade dos organismos que compõem cada igarapé. A associação da substituição com a distância ambiental, o IID, a pastagem e a vegetação, reforça que o uso da terra e a integridade dos habitats são fatores importantes na estruturação da diversidade regional de macroinvertebrados. Portanto, a conservação da cobertura vegetal e o controle da expansão de áreas alteradas no entorno dos

igarapés são medidas essenciais para manter a heterogeneidade ambiental, a biodiversidade aquática e a integridade ecológica dos sistemas lóticos amazônicos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelo apoio institucional e logístico durante o desenvolvimento deste estudo, à CAPES (001) e ao CNPq (381655/2026-1) pelo fomento e concessão das bolsas e ao Laboratório de Ecologia Aquática e Quantitativa (LEAQua) pelo suporte técnico e pela disponibilização da infraestrutura necessária para a triagem, identificação e análise das amostras.

REFERÊNCIAS

CALLISTO, M. *et al.* Beta diversity of aquatic macroinvertebrate assemblages associated with leaf patches in neotropical montane streams. **Ecology and Evolution**, [*s. l.*], v. 11, n. 6, p. 2551–2560, 2021.

CIRNE, M. B.; GIACOMAZZI, D. B. Ferro Carajás s11d: participação social e processo dialético no licenciamento ambiental de mineração em Unidade de Conservação. **Direito Ambiental e Sociedade,** [*s. l.*], v. 11, n. 3, p. 277–295, 2021. Disponível em: http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/10700. Acesso em: 18 jun. 2026.

DA COSTA, I. D.; ROCHA, V. The influence of habitat structure on fish assemblages in Amazonian streams of Machado river basin. **Revista de Biologia Tropical**, [*s. l.*], v. 65, n. 1, p. 103, 2016.

DE FARIA, A. P. J. *et al.* Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. **Hydrobiologia**, [*s. l.*], v. 802, n. 1, p. 39–51, 2017.

FEIO, M. J. *et al.* Fish and macroinvertebrate assemblages reveal extensive degradation of the world's rivers. **Global Change Biology**, [*s. l.*], v. 29, n. 2, p. 355–374, 2023.

HAWKINS, C. P. *et al.* Environmental disturbance can increase beta diversity of stream macroinvertebrate assemblages. **Global Ecology and Biogeography**, [*s. l.*], v. 24, n. 4, p. 483–494, 2015.

HEPP, L. U. *et al.* Influence of land-use on structural and functional macroinvertebrate composition communities associated on detritus in Subtropical Atlantic Forest streams. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [*s. l.*], v. 28, n. 0, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2016000100303&lng=en&tlng=en. Acesso em: 14 jun. 2026.

JUNK, W. J. *et al.* Riparian wetlands of low-order streams in Brazil: extent, hydrology, vegetation cover, interactions with streams and uplands, and threats. **Hydrobiologia**, [*s. l.*], v. 851, n. 7, p. 1657–1678, 2024.

LEAL, C. G. *et al.* Multi-scale assessment of human-induced changes to Amazonian instream habitats. **Landscape Ecology**, [*s. l.*], v. 31, n. 8, p. 1725–1745, 2016.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. Numerical Ecology. 3ª edição, Elsevier, Amsterdam. 2012.
LI, J. *et al.* Ecological drivers of taxonomic, functional, and phylogenetic beta diversity of macroinvertebrates in Wei River Basin of northwest China. **Frontiers in Ecology and Evolution**, [*s. l.*], v. 12, p. 1410915, 2024. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2024.1410915/full. Acesso em: 14 jun. 2026.

LIBERAL, M. E. C. *et al.* Environmental impacts shape the density-size relationship of benthic macroinvertebrates in Amazonian streams (Serra dos Carajás, Pará, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, [*s. l.*], v. 37, p. e18, 2025.

MACEDO, D. R. *et al.* Development of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for Neotropical Savanna headwater streams. **Ecological Indicators**, [*s. l.*], v. 64, p. 132–141, 2016. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X15007244. Acesso em: 14 jun. 2026.

OLIVEIRA, J. S. *et al.* Adaptation of the biotic index for macroinvertebrates in tributaries of the Itacaiúnas River. **Limnologica**, [*s. l.*], v. 111, p. 126239, 2025a.

RUARO, R. *et al.* Global trends and challenges in multimetric indices of biological condition. **Ecological Indicators**, [*s. l.*], v. 110, p. 105862, 2020. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X19308568. Acesso em: 14 jun. 2026.

RUARO, R. *et al.* Responses of multimetric indices to disturbance are affected by index construction features. Environmental **Reviews**, [*s. l.*], v. 32, n. 2, p. 278–293, 2024. Disponível em: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/er-2023-0098. Acesso em: 14 jun. 2026.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SOININEN, J.; HEINO, J.; WANG, J. A meta-analysis of nestedness and *turnover* components of beta diversity across organisms and ecosystems. **Global Ecology and Biogeography**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 96–109, 2018.

SOUZA-FILHO, P. W. M. *et al.* Mapping and quantification of ferruginous outcrop savannas in the Brazilian Amazon: A challenge for biodiversity conservation. **PLOS ONE**, [*s. l.*], v. 14, n. 1, p. e0211095, 2019.

TOFETI, A. R.; CAMPOS, N. L. D. O. Unidades de Conservação e o território no Brasil: estudos de caso em quatro biomas. **Sociedade & Natureza**, [*s. l.*], v. 31, 2019. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/46987. Acesso em: 14 jun. 2026.

VIANA, P. L. *et al.* Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. **Rodriguésia**, [*s. l.*], v. 67, n. 5spe, p. 1107–1124, 2016.

WANG, L.; HAN, B.-P. Non-random species loss under human disturbance increases the nestedness component of macroinvertebrate beta diversity in tropical streams. **Ecological Indicators**, [*s. l.*], v. 154, p. 110918, 2023.

CAPÍTULO 7

MOSCAS-DAS-FRUTAS E SEUS PARASITOIDES EM POMAR COMERCIAL DE CAJÁ (*Spondias mombin* L.) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ, BRASIL: REFLEXÕES SOBRE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Amanda Júlia Dias Santos
Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

Almerinda Amélia Rodrigues Araújo
Doutora em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Docente da Secretaria de Educação e Cultura do Estado do Piauí (SEDUC), Brasil

Roseli Farias Melo de Barros
Doutora em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Docente do Centro de Ciências da Natureza (CCN), Departamento de Biologia, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

Paulo Roberto Ramalho Silva
Doutor em Biologia Animal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Docente do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1347

Resumo: As moscas-das-frutas são consideradas a principal praga associada à fruticultura mundial. No Brasil, em áreas de cultivo comercial, a presença desses insetos se intensifica, uma vez que o plantio de uma única frutífera favorece sua ocorrência. Assim, objetivou-se com esta pesquisa, identificar espécies de moscas-das-frutas e seus parasitoides associados à cultura do cajá (*Spondias mombin* L.), em um pomar comercial de 12,8 hectares, na zona rural do município de Teresina, Piauí. Para tanto, durante os meses de safra do cajá (fevereiro a abril/2022) foram obtidos frutos maduros do solo sob a planta, mantidos em bandejas com areia cobertas com tecido *voile*, vedadas com elástico para acompanhar emersão dos adultos. Foram calculados os índices de infestação dos frutos, índice de parasitismo, viabilidade pupal e frequência de espécimes. Do total de 10,221 kg de frutos coletados, foram obtidas 2.043 pupas, de onde emergiram 743 insetos, sendo 499 tefritídeos da espécie *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), 20 *Euxesta* spp. (Diptera: Ulidiidae), conhecidos como mosca-da-espiga, e 220 parasitoides braconídeos (Hymenoptera: Braconidae) das espécies *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911), *Opius bellus* Gahan, 1930 e *Utetes anastrephae* (Viereck, 1913). *A. obliqua* (praga) e *O. bellus* (inimigo natural) foram as espécies mais frequentes durante o estudo na localidade. Foram obtidos pela primeira vez no estado do Piauí *Euxesta* spp. (Ulidiidae) tendo *S. mombin* como hospedeiro.

Palavras-chave: *Anastrepha obliqua. Opius bellus. Euxesta* spp.

1 INTRODUÇÃO

A cajazeira, *Spondias mombin* L., (Anacardiaceae), encontra-se amplamente distribuída no Brasil, especialmente nos Estados das regiões Norte e Nordeste (Sacramento; Souza, 2009). Seu cultivo em polos consagrados da fruticultura nordestina, tais como Petrolina/Juazeiro no Vale do rio São Francisco, Mossoró/Assú no Rio Grande do Norte, Baixo Jaguaribe no Ceará e Curimataú/Seridó na Paraíba, tem sido bem aproveitado visto sua versatilidade na elaboração de diversos bioprodutos.

No estado do Piauí, o Distrito Irrigado Tabuleiros Litorâneos – DITALPI e os Platôs de Guadalupe são considerados polos em desenvolvimento há mais de 20 anos, no que se refere à fruticultura (Araújo *et al.*, 2014). Contudo, nos últimos dez anos, outra forma de organização de cultivares tem se expandido no Estado, especialmente próximas a áreas residenciais na zona rural. Na capital, Teresina, os pomares comerciais de uma única frutífera tem se destacado, ao receber incentivos estatais para sua implementação (SINIMBU, 2022).

O cultivo de monoculturas favorece a infestação de frutos por moscas-das-frutas e, nesse contexto, as cajazeiras são uma das frutíferas mais prejudicadas, pela pouca quantidade de polpa que apresentam (Araújo *et al.*, 2018). Diversos estudos apontam a mosca-das-frutas *Anastrepha obliqua* (Marcquart, 1835) como espécie abundante em pomares de cajá, indicando sua preferência

pela frutífera, mesmo possuindo caráter polífago (Cruz-López *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2007; Murillo *et al.*, 2015; Sousa *et al.,* 2016; Sousa *et al.,* 2017).

De maneira análoga, o alto índice de parasitismo natural de *S. mombin*, tem sido largamente registrado em países como Brasil e México (Berrones-Morales *et al.*, 2020; Coelho *et al.*, 2020; Sousa *et al.*, 2021), o que oportunizou à cajazeira o status de "*árvore reservatório de parasitoides*". Discussões acerca dessa temática iniciaram com pesquisadores em Veracruz, México, que visavam propor manejo de pragas por meio da conservação de árvores tropicais (Aluja *et al.,* 2014).

Nesse sentido, o reconhecimento que o serviço ecossistêmico regulador prestado por *S. mombin* pode ser utilizado como "técnica" de controle biológico, pode significar redução do uso de defensivos químicos e a consequente diminuição de impactos para a biodiversidade, com a preservação de árvores nativas e promoção de plantios. Para produtores significaria redução de custos e aumento na produção, uma vez que, o alto índice de infestação por moscas-das-frutas prejudica e muitas vezes inviabiliza a comercialização/exportação, para mercados mais competitivos.

Assim, visou-se por meio dessa pesquisa, registrar a ocorrência de moscas-das-frutas e seus inimigos naturais em pomar comercial de cajá no município de Teresina, Piauí, a fim de discutir técnicas de controle viáveis sob a ótica econômico-sustentável.

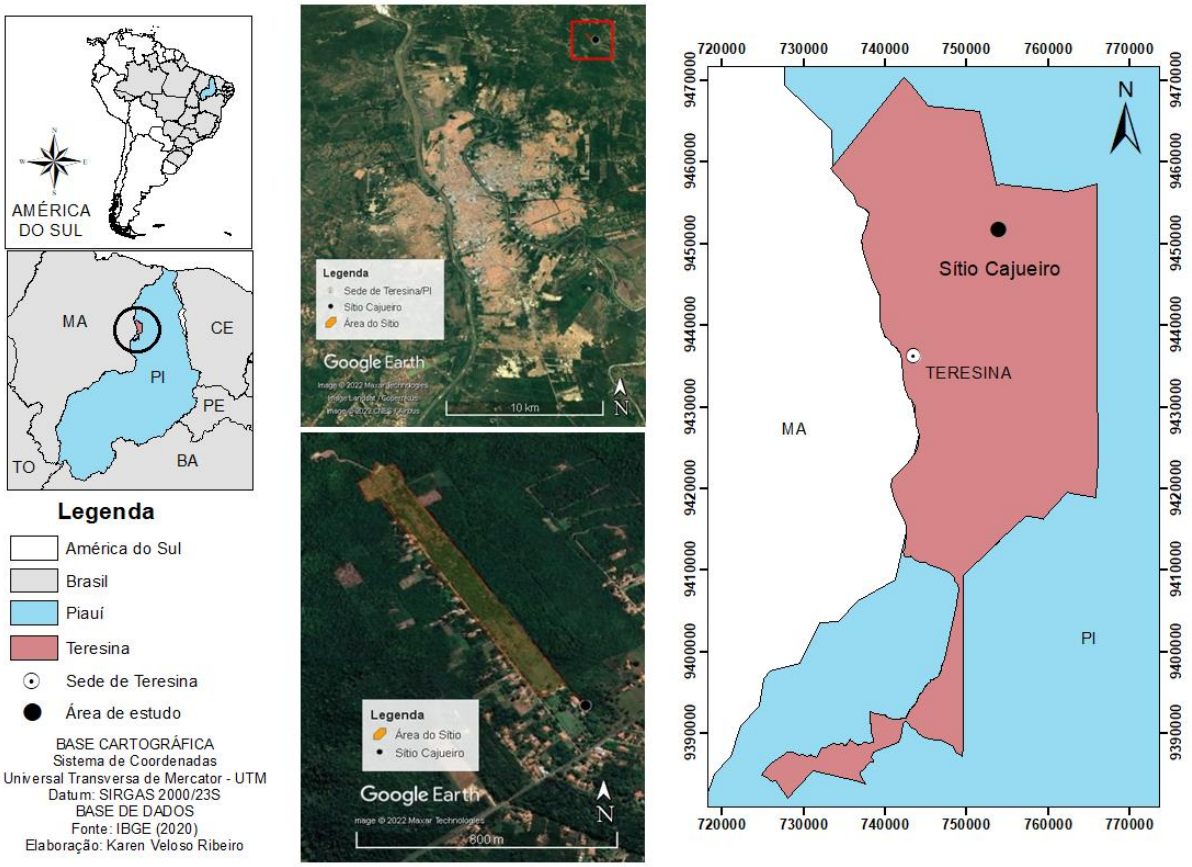
2 Material e Métodos

2.1 Viabilidade da pesquisa e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob o Parecer Consubstanciado nº 5.290.644 e cadastrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN) (nº AD5DAA9). A licença para coletas biológicas foi emitida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (nº 83190-1).

O estudo foi realizado em pomar comercial de cajá, *S. mombin*, localizado no povoado Cacimba Velha (04º57'19,7 "S e 42º 42'33,7"W), zona rural leste do município de Teresina-PI, durante o período de agosto de 2021 a abril de 2022. Possui área plantada de 12,8 hectares, com frutíferas de cajá. Apresenta plantio de milho, *Zea mays* L., em falhas das cajazeiras no primeiro hectare do pomar (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização do pomar comercial de cajá (*Spondias mombin* L.) do Sítio Cajueiro, Povoado Cacimba Velha, zona rural do município de Teresina, Piauí, Brasil.



Fonte: IBGE (2020) adaptado por Karen Veloso Ribeiro em 2022.

2.2 Coleta e obtenção dos espécimes

Durante os meses de safra (fevereiro a abril de 2022), ocorreu coleta de frutos em estágio de maturação do solo sob as plantas. Após a coleta, os frutos foram transportados em recipientes plásticos até o Laboratório de Fitossanidade do Departamento de Fitotecnia-DF do Centro de Ciências Agrárias - CCA, da Universidade Federal do Piauí - UFPI, onde realizou-se contagem e pesagem dos frutos, os quais foram distribuídos em bandejas forradas com areia peneirada, esterilizada e úmida. Em seguida, as bandejas foram cobertas com tecido *voile*, preso com liga elástica e devidamente etiquetadas (Araújo, *et al.*, 2014). Decorrido o período larval, (10 a 12 dias) os frutos já em estágio de decomposição foram examinados a fim de perceber larvas ou pupas que

eventualmente estivessem no interior e, posteriormente descartados. A areia das bandejas foi peneirada e os pupários obtidos, colocados em frascos com areia úmida, peneirada e autoclavada, lacrados com tecido voile e presos com auxílio de elástico (Araújo, *et al*., 2014). Após a emergência dos adultos, esperou-se mais dois dias, para fixação das faixas alares, e posterior sacrifício em congelador (Gomes Neto *et al,* 2016). Foram triados e quantificados, separando-se os parasitoides e as moscas, conservando-os em álcool 70%, em frascos separados (Araújo, *et al*., 2014).

2.3 Identificação taxonômica dos espécimes

A determinação das espécies de moscas-das-frutas da família Tephritidae ocorreu com base nas chaves dicotômicas de Zucchi (1978; 2000). Foram diferenciados por sexo, sendo observados nas fêmeas o acúleo, parte final do ovipositor (Zucchi, 2000). Os parasitoides foram identificados conforme as chaves taxonômicas de Guimarães e Zucchi (2011) e Marinho *et al.* (2011). Observou-se a morfologia da mandíbula, do clípeo, asa e propódeo. As moscas-das-frutas da família Ulidiidae foram identificadas por especialista, mediante chave específica.

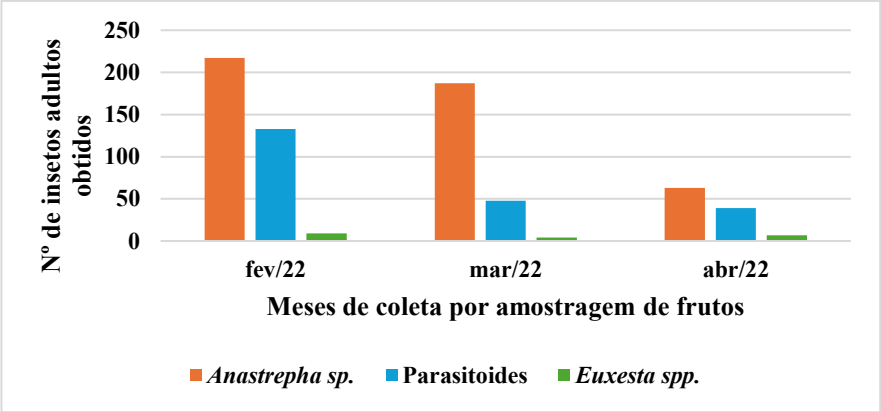
2.4 Análise e interpretação dos resultados

Os resultados obtidos foram analisados conforme orienta Araújo *et al.* (2014), onde foram analisadas a frequência das espécies de moscas-das-frutas e parasitoides, os índices de infestação, a viabilidade pupal e o índice de parasitismo.

3 Resultados e Discussão

Entre os meses de fevereiro a abril de 2022 foram coletados 810 frutos, equivalentes a 10,221 kg, dos quais foram obtidas 2.043 pupas. Destas, emergiram 739 insetos, sendo 499 tefritídeos *Anastrepha* Schiner (212 fêmeas e 287 machos), 220 parasitoides braconídeos (Hymenoptera: Braconidae) e 20 *Euxesta* spp. (Diptera: Ulidiidae), conhecidas como mosca-da-espiga (Figura 2).

Figura 2 – Total de espécimes obtidos em amostragem de frutos em pomar comercial de cajá (*Spondias mombin* L.) localizado na zona rural do município de Teresina, Piauí, entre os meses de fevereiro a abril de 2022.



Fonte: Autores, 2022.

Anastrepha obliqua (Macquart) foi a espécie mais frequente (96,14%) e a única *Anastrepha* registrada em associação com os frutos. *Euxesta* spp. (Ulidiidae) também foi obtida com frequência de 3,86%. Do total de parasitoides (220) *Opius bellus* Gahan, 1930 foi o mais frequente (164), seguido por *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (32) e *Utetes anastrephae* (Viereck, 1913) (24).

A afinidade entre *A. obliqua* e frutos de *S. mombin* tem sido largamente registrada na literatura científica, nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Bittencourt *et al.,* 2011; Jesus-Barros *et al.,* 2012; SÁ *et al.*, 2012; Souza *et al.,* 2012; Araújo *et al.*, 2015; Almeida *et al.,* 2016; Sousa *et al.*, 2016; Leite *et al.*, 2017; Lemos *et al.*, 2017; Almeida *et al.*, 2019; Castillo *et al.*, 2019).

O estado do Piauí se destaca na região Nordeste, em registros da ocorrência de *A. obliqua* infestando frutos de cajá. Araújo *et al.* (2014) registraram *A. obliqua* com frequência de 99,52%, além de *A. fraterculus* (0,46%) e *Ceratitis capitata* (0,97%) ocorrendo em cajá, em três localidades do município de Teresina, Piauí: pomar comercial, área experimental da Universidade Federal do Piauí e mata ciliar.

Gomes Neto *et al.* (2016) registraram 488 espécimes de *A. obliqua* em amostragem de frutos de sete genótipos de *S. mombin* em Teresina. Sousa *et al.* (2017) em pomar comercial de cajá, também no referido município, obtiveram *A. obliqua* com 99,92% de ocorrência diretamente dos frutos.

O índice de infestação obtido neste pomar foi considerado elevado, com uma média de 2,52 pupários/fruto e 199,88 pupários/kg de fruto. De acordo com Araújo (2002), o valor mínimo de infestação por moscas-das-frutas para que um hospedeiro seja considerado primário deve ser no mínimo, 30 pupários/kg de fruto. Dessa forma, a cajazeira pode ser considerada hospedeiro primário de *A. obliqua* obtida neste pomar.

A viabilidade pupal (VP) registrada foi de 36,17%. Valores semelhantes foram registrados e considerados como de baixa viabilidade pupal de *A. obliqua* em *Spondias.* Pirovani *et al.* (2010)

registraram VP de 22,03% em *S. purpurea* L., e Gomes Neto *et al.* (2016) registrou VP de 37,43% em *S. mombin*, ambos realizados em área de vegetação nativa, em Viçosa, MG e Teresina, PI, respectivamente.

Araújo *et al.* (2014), relataram viabilidade pupal de 77,8%, 69,3%, e 52,5% para *S. tuberosa*, *S. bahiensis* e *S. mombin*, respectivamente, obtidos em área de vegetação nativa em cinco localidades no estado do Piauí. Sousa *et al.* (2017), em levantamento realizado com 20 genótipos de *S. mombin*, em área comercial da frutífera no município de Teresina, apontaram viabilidade pupal acima de 50% em 19, dos 20 genótipos estudados.

O índice de parasitismo natural foi de 10,76%. Em área comercial de cajá, Sousa *et al.* (2017) descreveram taxas de parasitismo que variavam de 11,04% até 54,69% em genótipos de cajá (índice de parasitismo médio de 30,46%). O mês de fevereiro, primeiro a ofertar frutos, foi o que apresentou maior ocorrência de moscas-das-frutas. Também foi o mês que apresentou a maior frequência de parasitoides.

O mês de março/2022 apresentou resultados inferiores no que se refere à ocorrência de moscas-das-frutas e parasitoides, em relação a fevereiro/2022, o que pode sugerir a interferência do início da colheita como fator de controle físico desses espécimes. O mês de abril/2022 também apresentou índice de infestação e frequência de espécimes menor que o mês de março, o que aponta para uma diminuição ao longo da safra, bem como o potencial controle físico como estratégia eficaz de combate às moscas.

A ocorrência de inimigos naturais pode facilitar a realização de controle biológico, uma vez que pequenas adequações, como por exemplo, a abertura de valas com cerca de 30cm de profundidade na extensão do pomar. Estas valas seriam abastecidas com frutos infestados, logo no início da safra, cobertas com uma tela de 2mm, vedadas nas laterais com areia, para que após a emersão de moscas e parasitoides adultos, apenas estes pudessem sair pela tela.

A liberação massiva de parasitoides obtidos em laboratórios, em áreas comerciais, tem sido utilizada com resultados satisfatórios (Alves, 2010; Gonçalves, 2016; Poncio *et al.*, 2018; Rohr, 2019). Contudo, constitui técnica com altos investimentos logísticos e financeiros, diante da exigência de laboratório com equipamentos específicos e taxonomista para sua execução. Nesse sentido, a instalação de valas com frutos seria alternativa viável sob a ótica logística e econômica, uma vez que não necessitaria de taxonomista e laboratório, podendo ser implantada pelos próprios trabalhadores e/ou donos de pomares, com baixo custo.

Ademais, a manutenção de plantas silvestres que atuam como "reservatórios" de parasitoides de moscas-das-frutas, tem recebido crescente interesse nos últimos anos, especialmente no Brasil e México. No estado brasileiro do Amapá, Adaime *et al.* (2018) concluíram

a atuação da frutífera *Bellucia grossularioides* L. como reservatório de parasitoides, ao verificar sua infestação por *Anastrepha coronilli* Carrejo & González, 1993, com quatro espécies parasitoides associadas e percentual médio de parasitismo de 12,8%.

De maneira análoga, *S. mombin* é reconhecida na literatura como frutífera que oferta esse serviço regulador natural, diante dos seus altos índices de infestação e parasitismo natural (Aluja *et al.,* 2014; Sousa *et al*., 2021). Em geral, os parasitoides de moscas-das-frutas são generalistas, especialmente os braconídeos, podendo parasitar larvas de diversas espécies-praga. Assim, a perspectiva é que plantas com esse potencial de regulação ecossistêmico, possam ser conservadas e/ou cultivadas próximo a pomares comerciais.

A faixa 1, foi a única a apresentar ocorrência de *Euxesta* spp*.,* provavelmente devido ao plantio de milho, *Zea mays* L., localizado nesta área, em falhas das cajazeiras. As moscas da família Ulidiidae são conhecidas como moscas-da-espiga, uma vez que são encontradas associadas a algumas estruturas do milho doce. No Brasil, já foram registradas as espécies *E. eluta* Loew e *E. mazorca* Steyskal, em cultivos de milho e de trigo, *Triticuma aestivum* L., sendo identificadas pelo padrão de coloração da asa (Cruz *et al.,* 2011; Amancio *et al*., 2016), conforme Figuras 3 e 4.

Figura 3 – *Euxesta* sp.[1]



Fonte: Autores, 2022.

Figura 4 – *Euxesta* sp.[2]



Fonte: Autores, 2022.

Pelo padrão de coloração exótico das asas, também são conhecidas como moscas-das-asas-pintadas. Os levantamentos realizados no Brasil até o momento registraram sua ocorrência em plantios de milho e de trigo. Esse é o primeiro registro da ocorrência de *Euxesta* spp. à cultura do cajá no Brasil. Sua ocorrência neste pomar, pode caracterizá-las como espécies oportunistas desta frutífera, uma vez que o cultivo de milho na localidade não persistiu, o que pode ter ocasionado a migração.

O índice de infestação, a frequência com que os frutos de cajá foram atacados por moscas-das-frutas nas diferentes faixas, e a época do ano em que foram obtidos são dados que podem ser utilizados como critério para determinar o cajá como hospedeiro primário ou secundário. De acordo com Ferreira *et al.* (2003), a grande quantidade de espécies de moscas-das-frutas existentes, as mudanças ambientais e as diferentes épocas de ocorrência dificultam os estudos sobre resistência de determinada frutífera ao ataque desses insetos.

O estudo de outras famílias de moscas-das-frutas deve ser incentivado, diante do potencial que determinados representantes possuem como infestadores de frutos. Estudos sobre a família Ulidiidae infestando frutos são escassos, especialmente por esta mosca ter preferência pelo milho, assim é importante e necessário estimular novas pesquisas e sua divulgação.

4 CONCLUSÕES

Este é o primeiro registro de *S. mombin* como hospedeiro de *Euxesta* spp. (Ulidiidae) no estado do Piauí, sendo a associação desta mosca ao cajá, inédita no Brasil. Além disso, foram registrados pela primeira vez *D. areolatus, O. belus* e *U. anastrephae* como parasitoides de *Euxesta* spp. no Brasil. Carecem registros de ocorrência desta família no Brasil, sendo necessária e importante a promoção de cursos de formação de especialistas em taxonomia de Ulidiidae. Apesar de não constituírem ainda importância econômica para a fruticultura, apresentam potencial para infestação significativa de espécies gramíneas (especialmente da família Poaceae), podendo constituir infestação de frutíferas por oportunismo, em cultivos conjuntos.

Anastrepha obliqua foi a espécie de mosca-da-fruta mais frequente associada a frutos de *S. mombin*. *Opius bellus* foi o parasitoide mais frequente associado a frutos de cajá na localidade. A interação tritrófica entre *S. mombin*, *A. obliqua* e parasitoides braconídeos têm sido intensamente registrada na literatura científica, o que fez a cajazeira adquirir o status de "*árvore reservatório de parasitoides*". Dados obtidos nesta e em outras pesquisas evidenciam o potencial de uso dessa frutífera para controle biológico, o que pode resultar em conservação de hábitats. Outra alternativa, poderia ser a implantação de valas com cerca de 30cm de profundidade na extensão do pomar, abastecidas com frutos infestados no início da safra, cobertas com uma tela de 2mm, vedadas nas

laterais com areia, para que após a emersão dos adultos, apenas os parasitoides pudessem sair pela tela. Uma vez livres, poderiam realizar o controle natural de moscas-das-frutas no pomar.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida à primeira autora deste artigo. À professora Dra. Almerinda Amélia Rodrigues Araújo pela contribuição na identificação de tefritídeos e parasitoides e ao professor Dr. Ivan Cruz, pela identificação de *Euxesta* spp. (Ulidiidae). À professora Dra. Karen Veloso Ribeiro, pela elaboração do mapa de localização.

REFERÊNCIAS

ADAIME R.; LIMA A. L.; SOUSA M. S. M.; Controle biológico conservativo de moscas-das-frutas na Amazônia brasileira. **Innovations Agronomiques**, Paris, FRA, v.64, p.47-59, 2018.

ALMEIDA, R. R. A.; CRUZ, K. R.; SOUSA, M. S. M.; COSTA-NETO, S. V. ; JESUS-BARROS, C. R.; LIMA, A. L. "Frugivorous flies (Diptera: Tephritidae, Lonchaeidae) associated with fruit production on Ilha de Santana, Brazilian Amazon". **The Florida Entomologist**, Lutz, USA, v.99, p.426, 2016.

ALMEIDA, L. B. M.; COELHO, J. B.; UCHOA, M. A.; GISLOTI, L. J. Diversity of fruit flies (Diptera: Tephritoidea) and their host plants in a conservation unit from midwestern Brazil. **The Florida Entomologist**, Lutz, USA, v.102, 2019.

ALVES, V. E. S. **Dinâmica populacional de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) antes e após a liberação de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) em área de intersecção de pomar cítrico e mata secundária.** 2010. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2010.

ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; VAN DRIESCHE, R.; ANZURES-DADDA, A. Pest management through tropical tree conservation. **Biodiversity and Conservation**, Londres, GBR, v.23, p. 831–853, 2014. DOI: 10.1007/s10531-014-0636-3

AMANCIO, M. B. M.; CRUZ, I.; REDOAN, A. C. M.; COSTA, I. M. S.; ALBUQUERQUE, D. F. A.; FERREIRA, S. F. Flutuação populacional de *Euxesta* spp. (Diptera: Ulidiidae) na cultura do milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticuma estivum* L.). *In:* **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Bento Gonçalves, RS, 2016.

ARAÚJO, E. L. **Dípteros frugívoros (Tephritidae e Lonchaeidae) na região de Mossoró-Assú, Estado do Rio Grande do Norte**. 2002. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

ARAÚJO, A. A. R.; SILVA, P. R. R.; SILVA, R. B. Q.; SOUSA, E. P. S; SOARES, L. L. 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**, Londrina, PR, v.35, n. 4, p. 1739-1750, 2014.

ARAÚJO, E. L.; FERNANDES, E. C.; SILVA, R. I. R.; FERREIRA, A. D. C. L.; COSTA, V. A. Parasitoides (HYMENOPTERA) de moscas-das-frutas (DIPTERA: TEPHRITIDAE) no semiárido do estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.37, n.3, p.610-616, 2015.

ARAÚJO, R. R.; SANTOS, E. D.; FARIAS, D. B. S.; LEMOS, E. E. P.; ALVES, R. E. *Spondias bahiensis* – Umbu-cajá – Alimentícias. *In:* CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste (p.279 - 286).** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. – Brasília, 2018. 1311p, 2018.

BERRONES-MORALES, M.; VANOYE-ELIGIO, V.; CORONADO-BLANCO, J. M.; GAONA-GARCÍA, G.; SÁNCHEZ-RAMOS, G. Natural parasitism on Anastrepha spp. (Diptera: Tephritidae) over Neotropical region boundaries in northeastern Mexico. **Biocontrol Science and Technology**, Londres, GRB, v.31, p.65-79, 2021. doi: https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1830029

BITENCOURT, M. A. L.; DA SILVA, A. C. M.; SILVA, V. E. S.; BOMFIM, Z. V.; GUIMARÃES, J. A.; SOUZA FILHO, M. F. Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) and their Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) Associated to Host Plants in the Southern Region of Bahia State. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v.40, p. 405-406, 2011.

CASTILHO, A. P.; PASINATO, J.; SANTOS, J. E. V.; COSTA, A. S.; NAVA, D. E. JESUS-BARROS, C. R.; ADAIME, R. S. Biology of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) on four hosts. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, PR, v.63, 2019.

COELHO, J. B.; ARAÚJO, E. S.; SILVA, L. B.; STRIKIS, P. C.; ZUCCHI, R. A.; LOPES, G. N. Moscas frugívoras e seus parasitóides associados a frutas nativas em área urbana. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v.41, n.3, p.1053–1060. doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n3p1053

CRUZ, I.; SILVA, R. B.; FIGUEIREDO, M. L. C.; DIAS, A. M. P.; SARTO, M. C. L. D.; NUESSLY, G. S. Survey of ear flies (Diptera, Ulidiidae) in maize (*Zea mays* L.) and a new recordo of *Euxesta mazorca* Steyskal in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, PR, v. 55 p. 102-108, 2011. DOI: 10.1590/S0085-56262011000100016

CRUZ-LÓPEZ, L., MALO, E. A, TOLEDO, J.; VIRGEM, A.; DEL MAZO, A.; ROJAS, J. C. A new potential attractant for *Anastrepha obliqua* from *Spondias mombin* fruits. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, p.351–365, 2006. doi: 10.1007/s10886-005-9006-7

FERREIRA, H. J.; VELOSO, V. R. S.; NAVES, R. V.; BRAGA FILHO, J. R. Infestação de moscas-das-frutas em variedades de manga (*Mangifera indica* L.) no estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v.33, p.43-48, 2003.

GOMES NETO, A. V.; FRAZÃO, C. A. V.; SILVA, J. D. C.; FRANÇA, S. M.; RAMOS, J. E. R.; SILVA P. R. R. Moscas-das-frutas e seus parasitoides em cajazeira no município de Teresina – PI. **Revista Ciências Agrárias**, v.59, n.4, p. 413-416, 2016.

GONÇALVES, R. S. **Técnicas de criação, bioecologia e competição interespecífica de parasitoides (Hymenoptera: Braconidae) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae**).

2016. 183 f. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2016.

GUIMARÃES, J. A.; ZUCCHI, R. A. **Chave de identificação de Figitidae (Eucoilinae) parasitoides de larvas frugívoras na região Amazônica**. *In:* Silva, R. A.; Lemos, W. P.; Zucchi, R. A. (eds.) Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Embrapa Amapá, 2011. Cap. 6, p. 103-110.

JESUS-BARROS, C. R.; ADAIME, R. S. OLIVEIRA, M. N.; SILVA, W. R.; COSTA-NETO, V.; SOUZA-FILHO, M. F. *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) species, their hosts and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) in five municipalities of the state of Amapa, Brazil. **The Florida Entomologist**, v. 95, p. 694.2012.

LEMOS, L. N.; DEUS, E. G.; NASCIMENTO, D. B.; JESUS-BARROS; C. R.; COSTA-NETO, S. V. ADAIME, R. Species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae), their host plants, and parasitoids in small fruit production areas in the state of Amapa, Brazil. **The Florida Entomologist**, v.100, p. 403, 2017.

LEITE, S. A.; CASTELLANI, M. A.; RIBEIRO, A. E. L; COSTA, D. R.; BITTENCOURT, M. A. L.; MOREIRA, A. A. Fruit Flies and their parasitoids in the fruit growing region of Livramento de Nossa Senhora, Bahia, with records of unprecedented interactions. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 39, 4, 2017.

MARINHO, C. F.; SILVA, R. A.; ZUCCHI, R. A. Chave de identificação de Braconidae (Alysiinae e Opiinae) parasitóides de larvas frugívoras na região Amazônica. In: Silva, R. A.; Lemos, W. P.; Zucchi, R. A. (eds.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira:** diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá: Embrapa Amapá, p.91-101, 2011.

MURILLO, F. D.; CABRERA-MIRELES, H.; BARRERA, J. F.; LIEDO, P.; MONTOYA, P. *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera, Braconidae) a parasitoid of early developmental stages of *Anastrepha obliqua* (Diptera, Tephritidae). **Journal of Hymenoptera Research**, v.46, p.91-105, 2015. doi: http://dx.doi.org/10.3897/JHR.46.5586

PIROVANI, V. D.; MARTINS, D. S.; SOUZA, S. A. S.; URAMOTO, K.; FERREIRA, P. S. F. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), seus parasitoides e hospedeiros em Viçosa, Zona da mata mineira. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.4, p.727-733, 2010. doi: 10.1590/1808-1657v77p7272010

PONCIO, S.; NUNES, A. M.; GONÇALVES, R. D. S.; LISBOA, H.; MANICA-BERTO, R.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E. Strategies for establishing a rearing technique for the fruit fly parasitoid: *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Economic Entomology**, v.111, n.3, p.1087-1095, 2018. doi: 10.1093/jee/toy058

ROHR, R. A. **Interações entre parasitoides das famílias Braconidae e Figitidae (Insecta: Hymenoptera) e seus hospedeiros (Diptera: Tephritidae)**. 2019. 173 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2019.

SÁ, R. F.; CASTELLANI, M. A.; NASCIMENTO, A. S.; RIBEIRO, A. E. L.; MOREIRA, A. A. Natural parasitism in fruit-flies in the fruticulture area of anage, semiarid of Southwestern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.34, p.1266- 1269, 2012.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X.; CAPÍTULO 5: CAJÁ. (2009). *In:* SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. S. **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas, Embrapa Informação Tecnológica**, 2009. 506p.

SOUZA, A. R.; LOPES-MIELEZRSKI, G. N.; LOPES, E.N.; QUERINO, R.N.; CORSATO, C.D. A.; GIUSTOLIN, T. A.; ZUCCHI, R. A. Hymenopteran Parasitoids Associated With Frugivorous Larvae in a Brazilian Caatinga-Cerrado Ecotone. **Entomologia Ambiental**, v.41, p.233-237, 2012.

SOUSA, M. S. M.; JESUS-BARROS, C. R.; YOKOMIZO, G. K.; LIMA, A. L.; ADAIME, R. S. Occurrence of the fruit flies and parasitoids in *Spondias mombin* L. in three municipalities in the state of Amapá, Brazil. **Biota Amazônia**, v.6, p.50-55, 2016.

SOUSA L. S.; SILVA P. R. R.; NASCIMENTO M. P. P.; FRANÇA S. M.; ARAÚJO A. A. R. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids associated with different hog plum genotypes in Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.39, n.4, p.725-737, 2017.

SOUSA, M.; DEUS, E.; LIMA, A. L. RAMOS, J. C.; VILAR, C. N. S.; NASCIMENTO, L. L.; MENDES, M. A. C.; LADLE, R. J.; ADAIME, R. *Spondias mombin* as a reservoir of fruit fly parasitoid populations in the Eastern Amazon: an undervalued ecosystem service. **PeerJ**, v.9, p.11530, 2021. doi: https://doi.org/10.7717/peerj.11530

SILVA, R. A.; NASCIMENTO, D. B.; SOUZA, G. D.; OLIVEIRA, L. P. S. Hospedeiros e parasitoides de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) em Itaubal do Piririm, estado do Amapá, Brasil. **Ciência Rural, Santa Maria**, RS, v. 37, p. 557-560, 2007. doi: 10.1590/S0103-84782007000200041

SINIMBU, F. **Tecnologias aumentam produção de cajá no Nordeste em até cinco vezes. 2022. - In: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí-FAPEPI**. Teresina, 06 de abril de 2022. Disponível em: http://www.fapepi.pi.gov.br/tecnologias-aumentam-producao-de-caja-no-nordeste-em-ate-cinco-vezes/. Acesso em: 12 de abril de 2022.

ZUCCHI, R. A. **Taxonomia das espécies de *Anastrepha* Schiner, 1869 (Diptera, Tephritidae) assinaladas no Brasil**. 1978. 105 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 1978.

ZUCCHI, R. A. Taxonomia. *In:* MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Editora Holos, Cap.1, p.13-24. 2000.

CAPÍTULO 8

POLINIZAÇÃO POR DÍPTEROS EM SÍNDROMES FLORAIS: FAMÍLIAS ENVOLVIDAS, ADAPTAÇÕES FLORAIS E IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA

Rafaela Corrêa Saldanha
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha - Campus São Vicente do Sul, Brasil

Eduarda dos Santos Bataglin
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha - Campus São Vicente do Sul, Brasil

Maria Luísa Gindri Rosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha - Campus São Vicente do Sul, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1348



Resumo: A polinização é um processo ecológico essencial para a reprodução das espécies vegetais e para a manutenção da biodiversidade das espécies. Embora as abelhas sejam os insetos mais reconhecidos como os principais polinizadores, os dípteros também desempenham um papel importante neste serviço ecossistêmico. Nesse sentido, o presente capítulo teve como objetivo revisar informações sobre as principais famílias de dípteros envolvidas nas síndromes florais como a síndrome de miofilia e síndrome de sapromiofilia, bem como as características florais associadas a essas interações. Os resultados demonstraram que Syrphidae, Empididae, Bombyliidae, Nemestrinidae, Phoridae e Chloropidae estão frequentemente associadas a mofilia, enquanto que Calliphoridae, Sarcophagidae, Drosophilidae, Muscidae e Anthomyiidae destacam-se na síndrome de sapromiofilia. Além disso, verificou-se que características florais como odores, colorações e algumas morfologias florais favorecem a atração desses polinizadores. Por fim, conclui-se que os dípteros possuem uma grande importância ecológica, contribuindo para a reprodução de diversas espécies vegetais e para a manutenção dos processos de polinização.

Palavras-chave: Dípteros. Flor. Moscas. Polinização. Serviços ecossistêmicos.

1 INTRODUÇÃO

A polinização, processo ecossistêmico fundamental para a manutenção da vida no Planeta Terra, é a transferência do grão de pólen, gameta masculino das flores, até o ovário no interior do gineceu, o órgão feminino. Muito além da transferência de grãos de pólen, a polinização também é responsável por garantir a diversidade genética das plantas, pois, a partir desta troca originam-se novos indivíduos diferentes dos que foram cruzados, como destacam Freitas e Imperatriz-Fonseca (2005), que afirmam que todo esse processo é o que assegura que os grãos de pólen fecundem os óvulos, formando assim as sementes que irão assegurar as próximas gerações de plantas daquela espécie.

Dentre os insetos polinizadores, destacam-se as abelhas, da ordem *Hymenoptera,* que são as mais conhecidas, fato esse que pode estar atrelado a diversos fatores como a comercialização do mel, uma maior divulgação em campanhas e até mesmo o incentivo financeiro na apicultura. Contudo, a polinização pode ser realizada por diversos outros insetos e até mesmo por meios bióticos como a água e o vento. Ambientes com elevado número de biodiversidade de insetos

polinizadores apresentam vantagens sobre os que não possuem, pois, estes garantem o sucesso evolutivo das gerações de plantas.

> comunidades diversas de polinizadores fornecem uma espécie de "seguro ecológico". Diferentes espécies forrageiam em distintos períodos do dia e sob variadas condições climáticas, ampliando a janela temporal de polinização efetiva. Por exemplo, mamangavas de grande porte do gênero *Bombus* podem forragear em condições mais frias e nubladas do que muitas abelhas solitárias, enquanto abelhas halictídeas de menor porte permanecem ativas até horários mais tardios do dia. A diversidade morfológica, incluindo variações no comprimento da língua, no tamanho corporal e na pilosidade, permite que diferentes polinizadores acessem néctar e pólen de uma ampla variedade de formas e profundidades florais. Diferenças comportamentais, como o forrageamento em rotas fixas realizado por beija-flores ou a polinização por vibração (buzz pollination) realizada por certas abelhas, possibilitam a exploração de recursos florais especializados que não estão disponíveis para insetos generalistas. Além disso, as espécies diferem quanto à sua resiliência a estressores como secas, patógenos e distúrbios do habitat. Assim, comunidades ricas em espécies amortecem a prestação dos serviços de polinização frente a extinções locais, eventos climáticos extremos ou surtos de doenças, assegurando maior estabilidade da reprodução de plantas silvestres e da produtividade agrícola ao longo do espaço e do tempo. (Piçanho; Fernandes, 2026, p. 249)

As moscas, insetos pertencentes à ordem Diptera, também podem ser importantes polinizadores, no entanto, conforme Inouye (2015), apesar da importância da diversidade de moscas que realizam a polinização, essa relação tem recebido pouca atenção na literatura. Mesmo com poucos estudos quanto a sua capacidade de polinização, os Dípteros representam um grupo relevante na manutenção da reprodução das Magnoliofitas.

Nas famílias de Dípteros, entre as espécies que visitam flores, pode-se identificar dois grupos: aquelas que se alimentam de néctar e pólen e as moscas saprófitas, que são atraídas pelas flores por engano, o que se conhece como sapromiofilia (Varassin; Amaral-neto, 2014, p. 158). Desta forma, a polinização ocorre majoritariamente quando o inseto busca a flor por interesse em se alimentar do néctar produzido pela flor, e por consequência ocorre o transporte do pólen de uma planta até a outra. Na síndrome de sapromiofilia, o processo é inverso e a planta é quem atrai o inseto com odores que se assemelham a proteína em decomposição, favorecendo ao inseto o transporte do pólen de uma flor a outra.

A partir dessa diversidade ecológica muito significativa para o sucesso das Magnoliofitas, se faz necessário uma maior produção literária e reflexão dos materiais já existentes para ampliar a compreensão da polinização, como a síndrome de miofilia e sapromiofilia. Portanto, nesse contexto, o presente capítulo irá reunir e revisar bibliografias abordando as principais famílias de Dípteros envolvidos, características florais associadas e a importância ecológica dessas interações.

2 METODOLOGIA

O presente capítulo se caracteriza como uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo e tem como objetivo levantar informações acerca das principais famílias de dípteros envolvidos na síndrome de polinização por miofilia e na especialização em sapromiofilia encontrados na literatura.

As buscas para levantamento de bibliografia foram realizadas em bases de dados científicas nacionais e internacionais, incluindo Google Scholar, Scielo, Portal de Periódicos da CAPES e ResearchGate, fazendo uso de descritores como "miofilia", "sapromiofilia", "polinização por moscas", "Diptera pollination", "myophily" e "sapromyophily".

A partir das buscas, foram selecionados trechos de materiais devidamente referenciados que abordassem os aspectos das relações estabelecidas entre plantas e moscas polinizadoras e as relações ecológicas por elas exercidas. As informações foram obtidas por meio de leituras de materiais clássicos e alguns estudos mais recentes, ademais, a literatura foi organizada em formato de tabelas, imagens e discussões da temática estabelecida para o capítulo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As flores são importantes na vida de muitas moscas, que as visitam em busca de alimento, para se expor ao sol, para acasalar e até mesmo para depositar seus ovos (Barahona-Segovia et al., 2022, p. 83), desta forma, conforme afirmado pelos autores, para os dípteros, o clado das angiospermas é extremamente necessário para algumas famílias em diversos processos necessários para a sobrevivência desses insetos. No entanto, nem só o inseto se beneficia dessa relação, algumas espécies de plantas precisam desse tipo de polinização.

> Algumas espécies de plantas são polinizadas exclusivamente por moscas, ou seja, se as moscas não visitam as flores destas plantas, as mesmas não podem formar frutos e sementes, como o cacau, que depende das moscas Cecidomyiidae ou Ceratopogonidae. Algumas espécies de Syrphidae polinizam e mantêm manguezais ajudando a biodiversidade marinha ou ajudam na conservação de Gomortega keule, uma árvore endêmica e ameaçada do Chile central. (Barahona-Segovia *et al.*, 2022, p. 85)

Uma das famílias mais conhecidas de Dípteros é a Syrphidae, especialistas em alimentar-se de recursos florais (néctar e pólen) (Nadia; Machado, 2014, p. 277), neste caso, a planta realmente apresenta um recurso para o inseto (miofilia), no entanto, a maioria das espécies polinizadas por engodo simulam a presença de recursos florais, como néctar, pólen, óleos e local de desova , e, nesse caso, o inseto é atraído por engano (sapromiofilia) (Pinheiro, 2014, p. 328), portanto, embora a spromiofilia seja uma especialização da síndrome de miofilia, ambas apresentam muitas diferenças entre si.

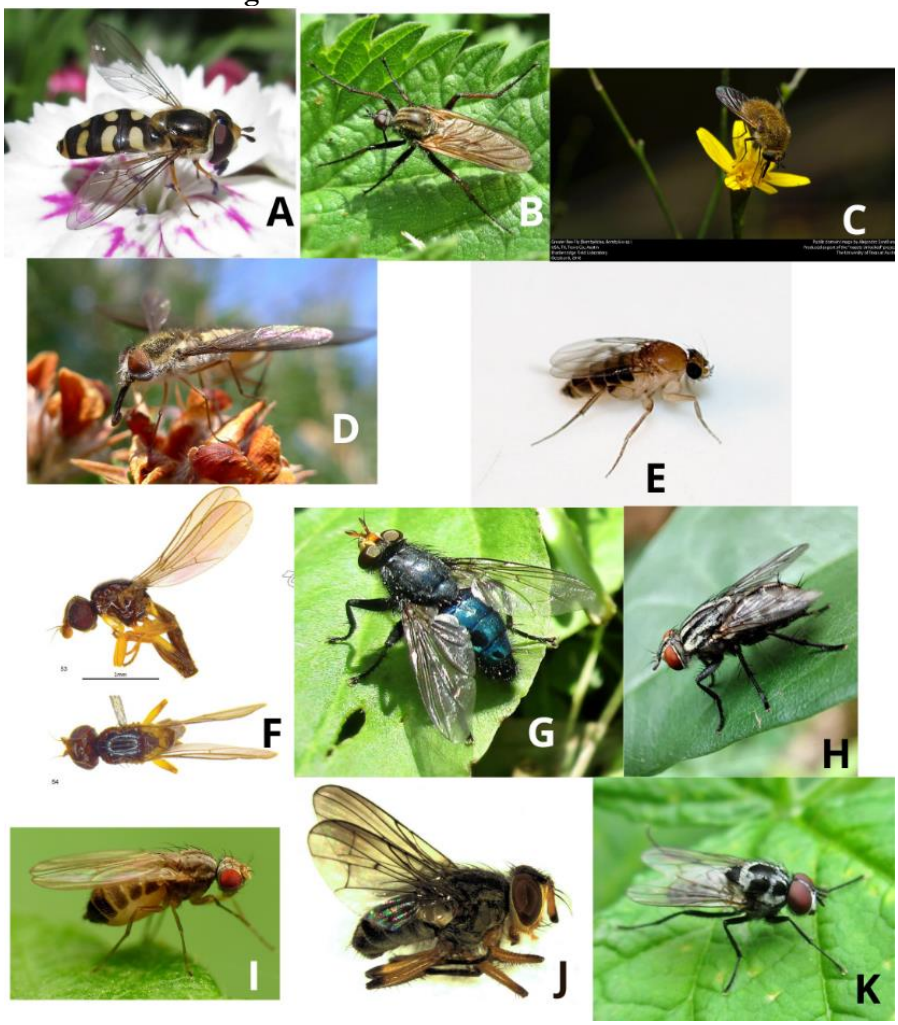
Tabela 1 – Principais diferenças entre a generalização da síndrome de miofilia e especialização da síndrome de sapromiofilia.

Características	**Miofilia**	**Sapromiofilia**
Atrativo principal	Néctar e pólen.	Odor de decomposição.

Recompensa ao inseto	Geralmente presente.	Frequentemente ausente.
Cor das flores	Claras e discretas.	Escuras ou avermelhadas e verrucosas.
Odor	Suave ou adocicado.	Forte e desagradável.
Relação	Mutualismo.	Baseada no engodo.
Famílias comuns	Syrphidae, Empididae, Bombyliidae, Nemestrinidae, Phoridae, Chloropidae.	Calliphoridae, Sarcophagidae, Drosophilidae, Muscidae, Anthomyiidae .

Fonte: Adaptado de Nádia e Machado (2014, p. 277-290) e Rech, Avila Jr e Schlindwein (2014, p. 171-182).

Figura 1 – Famílias descritas na tabela 1.

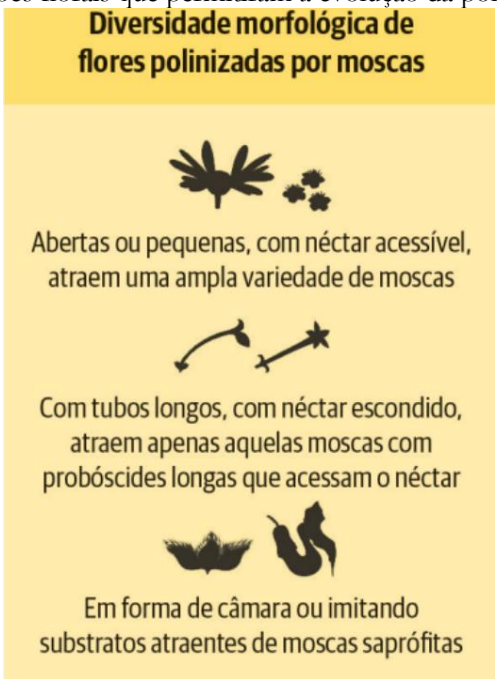


A: Exemplar da família Syrphidae. Fonte: Wikimedia Commons (CC0, Bj. schoenmakers). **B:** Exemplar da família Empididae. Fonte: Bj.schoenmakers, Wikimedia Commons (CC0). **C:** Exemplar da família Bombyliidae. Fonte: Judy Gallagher, via Wikimedia Commons (CC BY 2.0). **D:** Exemplar da família Nemestrinidae. Fonte: John Tann, Wikimedia Commons (CC BY 2.0). **E:** exemplar da família Phoridae. Fonte: Sanford Porter, U. S. Department of Agriculture, Wikimedia Commons (domínio público). **F:** exemplar da família Chloropidae. Fonte: modificado de

Valério e Lessard, Wikimedia Commons(CC BY-SA 4.0). **G:** exemplar da família Calliphoridae. Fonte: Bj.schoenmakers, Wikimedia Commons (CC0). **H:** exemplar da família Sarcophagidae. Fonte: Muhammad Mahdi Karim, Wikimedia Commons (GFDL 1.2 e CC BY-SA 3.0. **I:** exemplar da família Drosophilidae. Fonte: treegrow, Wikimedia Commons (CC BY 2.0). **J:** exemplar da família Muscidae. Fonte: Alan Liefting, Wikimedia Commons. **K:** exemplar da família Anthomyiidae. Fonte: Bj.schoenmakers, Wikimedia Commons (CC0).

Os dípteros, moscas das mais diversas famílias, nem sempre polinizam as flores, muitos estudos revelam que houveram adaptações para que isso ocorresse, entretanto, alguns pesquisadores afirmam que as adaptações vieram da parte das plantas e não de ambas as partes como relata-se em alguns livros. Conforme um importante trabalho publicado na Revista New Phytologist, as adaptações florais mais importantes para atração dos dípteros são os odores florais: (i) em plantas que florescem à noite, onde os sinais olfativos, além das pistas visuais, contribuem significativamente para a atração à distância dos polinizadores; (ii) em sistemas de engano sexual, onde o odor imita feromônios sexuais; e (iii) em sistemas sapromiófilos, onde o odor se assemelha a um local de oviposição ou a uma fonte de alimento (Jürgens; Dötterl; Meve, 2006, p. 452), além do odor, existem adaptações morfológicas nas flores que permitiram que a polinização por moscas evoluíssem com sucesso, como as adaptações de formato e disponibilidade de néctar de fácil acesso.

Imagem 1 – adaptações florais que permitiram a evolução da polinização por dípteros.



Fonte: adaptado de Barahona-Segovia *et al* (2022).

Sabe-se que os polinizadores possuem uma grande importância na manutenção da vida vegetal, e, por consequência, na vida animal e humana, no entanto, muito é relatado sobre a redução

dos polinizadores, isso pode estar ligado a redução de espécies vegetais nativas, aumento dos agrotóxicos e até mesmo tipos de poluição, os sistemas agrícolas intensivos, caracterizados pela homogeneização da paisagem e o uso intensivo de agroquímicos, têm levado a uma redução significativa na diversidade e na abundância de polinizadores em diversas regiões do mundo (Gomes, 2024, p. 3) ainda segundo o autor.

> Uma maior diversidade de espécies de polinizadores pode proporcionar maior eficiência e estabilidade na polinização, especialmente em cenários de mudanças ambientais. Além disso, áreas agrícolas próximas a habitats naturais tendem a apresentar maior produtividade devido à presença de polinizadores silvestres, que desempenham um papel complementar e, frequentemente, insubstituível ao de polinizadores manejados (Gomes, 2024, p. 3)

Desse modo, percebe-se a importância dos polinizadores para a manutenção da biodiversidade, em relação aos dípteros, seu serviço ecossistêmico é responsável pela diversidade gênica de muitas plantas, o que contraria o grande conhecimento generalista que sempre colocou as Himenópteros no centro dessa atividade, desta forma, observa-se que a falácia de que somente as abelhas realizam a polinização está aos poucos sendo quebrada, com isso, espera-se que a ordem dos dípteros seja ainda mais estudada quanto a capacidade de contribuir de maneira benéfica para o meio ambiente e na manutenção das espécies vegetais.

4 CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica realizada durante o capítulo permitiu analisar materiais e compreender a importância dos dípteros quanto aos processos de polinização, destaca-se que esses insetos exercem um papel ecológico fundamental para a reprodução de diversas espécies vegetais. Embora ainda sejam menos conhecidos quanto sua capacidade de polinização quanto as abelhas, as diferentes famílias de dípteros podem atuar como polinizadores eficientes, seja por meio da miofilia, quando o inseto busca a flor para alimentar-se, ou pela sapromiofilia, quando a planta simula o odor de matéria orgânica em decomposição pelo processo de engodo.

Ademais, entre as principais famílias de dípteros associadas às síndrome florais, destacam-se Syrphidae, Empididae, Bombyliidae, Nemestrinidae, Phoridae e Chloropidae, como insetos comuns a síndrome de miofilia, e as famílias Calliphoridae, Sarcophagidae, Drosophilidae, Muscidae e Anthomyiidae como dípteros atraídos por matéria orgânica em decomposição na síndrome de sapromiofilia.

Além disso, quanto às adaptações florais, foram encontrados materiais que relatam que as principais adaptações foram os odores, a coloração e a morfologia das flores. Destacam-se as adaptações morfológicas como flores abertas e pequenas para atrair uma maior diversidade de dípteros, com longos tubos e néctar escondido para atrair os de probóscide longa e as em formato

de câmara para atrair as moscas saprófitas. Estas características favorecem a atração por diferentes grupos de dípteros e contribuíram para o sucesso reprodutivo de espécies vegetais.

Por fim, concluiu-se que os dípteros representam um grupo de grande importância ecológica, responsável por uma parte da polinização biótica que garante a diversidade genética de espécies vegetais. Desse modo, torna-se necessário a ampliação dos estudos quanto a síndromes de polinização, e principalmente, quanto à ordem Diptera para que assim seja possível garantir a manutenção dessas populações de polinizadores.

Agradecimentos e financiamento

Ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Farroupilha - Campus São Vicente do Sul pelo Ensino gratuito e de qualidade, ao Fundo Nacional da Educação (FNDE) pelo apoio financeiro oferecido a partir da bolsa do Programa de Educação Tutorial (PET).

REFERÊNCIAS

BARAHONA-SEGOVIA, R. M.; DOMINGOS-MELO, P. **Moscas (dípteros) e seu papel na polinização**. *In:* GHILARDI-LOPES, N. P.; ZATTARA, E. E. (org.).

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. A importância econômica da polinização. **Mensagem Doce**, São Paulo, n. 80, p. 44-46, 2005.

GALLAGHER, J. ***Greater Bee Fly (Bombylidae, Bombylius sp.)*** *(30538051991).jpg.* Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Greater_Bee_Fly_(Bombylidae,Bombylius_sp.)(30538051991).jpg. Acesso em: 19 jun 2026.

GOMES, M. V. da C. A biodiversidade em áreas agrícolas: impactos nos serviços de polinização e na sustentabilidade agrícola. **Revista Tópicos**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 15, p. 1-11, 2024. DOI: 10.5281/ZENODO.14231003.

INOUYE, D. W.; LARSON, B. M. H.; SSYMANK, A.; KEVAN, P. G. Flies and Flowers III: Ecology of foraging and pollination. **Journal of Pollination Ecology**, v. 16, p. 115-133, 2015. DOI: 10.26786/1920-7603(2015)15.

JÜRGENS, A.; DÖTTERL, S.; MEVE, U. The chemical nature of fetid floral odours in stapeliads (Apocynaceae-Asclepiadoideae-Ceropegieae). **New Phytologist**, v. 172, n. 3, p. 452-468, 2006. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006.01845.x.

KARIM, Muhammad Mahdi. *Common flesh fly.jpg.* Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Commons_flesh_fly.jpg. Acesso em: 19 jun. 2026.

LIEFTING, Alan. *Muscidae NZ sp 1 male.jpg.* Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muscidae_NZ_sp_1_male.jpg. Acesso em: 19 jun 2026.

NADIA, T. de L.; MACHADO, I. C. *In:* RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 277-290.

PICANÇO, O.; FERNANDES, S. **Diversidade de Polinizadores e Estratégias de Conservação**. Fevereiro de 2026. Relatório técnico (Technical Report). DOI:10.13140/RG.2.2.34752.39689.

PORTER, S. ***Phorid humpbacked fly.jpg***. Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phoridae_humpbacked_fly.jpg. Acesso em: 19 jun 2026.

PINHEIRO, F. *In:* RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 327-341.

RECH, A. R.; AVILA JR, R. S. de; SCHLINDWEIN, C. *In:* RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 171-182.

TANN, J. ***Trichophthalma bivitta (6406783119).jpg***. Wikimedia Commons, 2011. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichophthalma_bivitta_(6406783119).jpg. Acesso em: 19 jun 2026.
TREEGROW. ***Drosophilid Fly - Flickr -treegrow (3).jpg***. Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Drosophilid_Fly_-Flickr-treegrow(3).jpg. Acesso em: 20 jun 2026.

VALÉRIO, A. A.; LASSERD, B. D. ***Enderleiniella tripunctata (10.3897/zookeys.884.36154) Figures 53-57.jpg***. Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enderleiniella_tripunctata_(10.3897-zookeys.884.36154)_Figures_53%9357.jpg. Acesso em: 19 jun 2026.

VARASSIN, I. G.; AMARAL-NETO, L. P. do. Atrativos. *In:* RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 151-168.

WIKIMEDIA COMMONS. ***Eupeodes spec. (Syrphidae sp.) female, Arnhem, the Netherlands jpg***. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europeodes_spec.*(Syrphidae*_sp.)_female,_Arnhmed,_the_Netherlands.jpg. Acesso em: 19 jun 2026.

WIKIMEDIA COMMONS. ***Empis tesselata (Empididae sp), Arnhem, the Netherlands.jpg***. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Empis_tessellata_(Empididae_sp.),_Arnhem,_the_Netherlands.jpg. Acesso em: 19 jun 2026.

WIKIMEDIA COMMONS. ***Cynomya mortuorum (Calliphoridae sp.), Elst(Gld), the Netherlands*** *- 2.jpg*. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cynomya_mortuorum_(Calliphoridae_sp),Elst(Gld),the_Netherlands-_2.jpg. Acesso em: 20 jun 2026.

WIKIMEDIA COMMONS. ***Anthomyia procellaris (Antromyiidae sp.), Arnhem, the Netherlands.jpg.*** Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antromya_procellaris_(Anthomyiidae_sp.),_Arnhem,_the_Netherlands.jpg. Acesso em: 19 jun. 2026.

CAPÍTULO 9

ATIVIDADE FUMIGANTE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Rosmarinus officinalis* SOBRE *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae) EM GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS

Leonardo Prado Leal
Estudante de Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

Francisco Hugo Cavalcante Neto
Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

Douglas Rafael e Silva Barbosa
Doutor em Entomologia Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Docente Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Campos de Codó- Maranhão, Brasil

Rodrigo de Carvalho Brito
Doutor em Agronomia e Produção Vegetal pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil. Docente Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Campus Presidente Figueiredo-Amazonas, Brasil

Lúcia da Silva Fontes
Doutora em Ciências pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Universidade de São Paulo (IPEN), Docente do Centro de Ciências da Natureza (CCN), Departamento de Biologia, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1349

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) desempenha um papel socioeconômico de destaque global, mas sua conservação pós-colheita é severamente desafiada por pragas como o gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*). Este estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade por fumigação e a repelência do óleo essencial de alecrim *(Rosmarinus officinalis*) sobre adultos de *S. zeamais* em grãos de milho armazenados. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), utilizando câmaras de fumigação para determinar as concentrações letais (CL_{50} e CL_{95}) e o potencial bioativo do óleo. Os resultados evidenciaram uma elevada eficácia fumigante do óleo de alecrim, com CL_{50} de 3,01 µL/L de ar e CL_{95} de 9,26 µL/L de ar, demonstrando ótimo ajuste estatístico via análise de Probit ($P > 0,05$). Conclui-se que o óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* constitui uma alternativa altamente promissora, sustentável e eficiente para o manejo integrado de pragas em grãos armazenados, mitigando os impactos negativos dos inseticidas sintéticos.

Palavras-chave: Armazenamento de grãos. Controle alternativo. Inseticida botânico.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas mais relevantes globalmente devido à sua importância econômica, ampla utilização na alimentação humana e animal, além de servir como matéria-prima essencial para diversos setores industriais (Pinheiro *et al.*, 2021). No contexto nacional, a safra brasileira de grãos demonstra a grandiosidade produtiva e os desafios logísticos e de armazenamento associados à cadeia produtiva (Conab, 2026). Entretanto, o armazenamento dos grãos enfrenta desafios significativos, incluindo a infestação por pragas de produtos armazenados (Embrapa, 2006; Lorini, 2003; Cruz *et al.*, 2008), com destaque para o *Sitophilus*

zeamais, popularmente conhecido como gorgulho-do-milho ou caruncho-do-milho (Antunes; Dionello, 2010).

Este inseto representa uma ameaça considerável para a produção e conservação do milho, causando perdas quantitativas e qualitativas expressivas que resultam em quedas no valor de mercado local e internacional (Patiño-Bayona *et al*., 2021). A espécie *S. zeamais* apresenta elevado potencial biótico e capacidade de multiplicação rápida. A oviposição ocorre no interior do grão, onde a larva eclode, alimenta-se do endosperma, completa seu desenvolvimento e passa pelo estágio de pupa, culminando com a emergência do adulto (Antunes; Dionello, 2010). Esse ciclo de danos compromete não apenas a qualidade nutricional e o peso do milho, mas também inviabiliza sua comercialização e industrialização (Mattos *et al*., 2021).

Para o controle de *S. zeamais*, a utilização de inseticidas sintéticos tem sido tradicionalmente empregada para garantir a preservação dos estoques. No entanto, o uso indiscriminado desses compostos químicos tem gerado graves problemas ecológicos e agronômicos, tais como a seleção de populações de pragas resistentes, impactos ambientais negativos e riscos ocupacionais e à saúde humana decorrentes de resíduos tóxicos nos alimentos (Patiño-Bayona *et al*., 2021). Diante desse cenário restritivo, alternativas sustentáveis vêm sendo intensamente pesquisadas, destacando-se o uso de óleos essenciais vegetais como potenciais agentes biorracionais no manejo de insetos-praga (Silva *et al*., 2025; Bellon; Cemin, 2023).

Os óleos essenciais são metabólitos secundários voláteis extraídos de plantas aromáticas, reconhecidos mundialmente por suas amplas propriedades inseticidas, repelentes, acaricidas e antifúngicas (Batiha *et al*., 2023; Patil; Waghmare, 2024). O óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) exibe grande potencial toxicológico no controle de pragas devido à riqueza de compostos bioativos em sua composição, a exemplo do 1,8-cineol, cânfora e borneol, substâncias capazes de interferir no sistema nervoso central dos insetos, inibindo enzimas vitais e reduzindo drasticamente sua capacidade de locomoção, reprodução e sobrevivência (Crişan *et al*., 2023; Moura *et al*., 2021).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade por fumigação do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) sobre adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenados.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia, do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Teresina-PI, sob condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotofase 12h.

2.1 Criação de *Sitophilus zeamais*

Os insetos utilizados nos bioensaios foram obtidos a partir de uma criação mantida de forma contínua no próprio laboratório de entomologia da UFPI. Os exemplares foram criados por várias gerações em grãos de milho hígidos e livres de praguicidas, acondicionados em recipientes de vidro com capacidade de 400 mL, vedados com tampas plásticas perfuradas e revestidas internamente com tecido do tipo voil para assegurar a troca gasosa adequada e impedir a fuga dos insetos. Adultos com idade compreendida entre 0 e 10 dias foram confinados por um período de 15 dias para oviposição, sendo posteriormente retirados. Os recipientes contendo os grãos e os ovos foram mantidos sob temperatura de 28°C e umidade relativa de 70% e fotofase de 12 horas até a emergência da nova geração de adultos.

2.2 Óleo Essencial

Foi utilizado o óleo essencial comercial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), obtido em comércio local e armazenado sob refrigeração em frasco âmbar para preservar a integridade química de seus compostos voláteis ativos.

2.3 Teste de Toxicidade por Fumigação

O teste de toxicidade por fumigação foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, para determinar as concentrações letais do óleo essencial, foram utilizadas câmaras de fumigação compostas de recipientes de plástico com capacidade de 100 ml, em seguida, o óleo essencial foi aplicado com micropipeta sobre papel A4 recortados no formato correspondente a tampa do recipiente, fixados em sua parte inferior. As concentrações utilizadas para o óleo essencial de de *R. officinalis* foram 0 (controle), 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 μL/L de ar.

Para cada câmera de fumigação foram confinados 10 insetos não sexados de *S. zeamais*. Para evitar contato entre óleo e insetos, foi fixado um tecido *voil* entre os insetos e o local de aplicação do papel A4.

As concentrações foram testadas com quatro repetições. Após 48 horas de confinamento, foi avaliada a mortalidade dos adultos.

2.4 Análise Estatística

Os dados de mortalidade obtidos no bioensaio de fumigação foram submetidos à análise de Probit para a determinação das Concentrações Letais (CL_{50} e CL_{95}) do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), com o auxílio do programa estatístico SAS versão 8.02 (SAS INSTITUTE, 2001). A adequação dos dados ao modelo de Probit foi validada pelo teste de Qui-quadrado (X^2) ao nível de significância de 5% ($P > 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, o óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* apresentou eficácia expressiva sobre os adultos de *Sitophilus zeamais*. As concentrações letais determinadas foram CL_{50} = 3,01 μL/L de ar. (IC 95%: 2,31–3,69) e CL_{95} = 9,26 μL/L de ar. (IC 95%: 7,44–12,50), com um coeficiente de inclinação de 3,37±0,42. Após 48 horas de exposição, observou-se alta mortalidade dos insetos. O teste apresentou um valor de qui-quadrado (X^2) de 0,16, com um valor de probabilidade P de 0,91.

Tabela 1 – Toxicidade por fumigação do óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* sobre adultos de *Sitophilus zeamais*.

Tratamento	N	GL	Inclinação ± EPM	CL_{50} (IC 95%) *	CL_{95} (IC 95%) *	X^2	*P*[1]
Óleo essencial de alecrim	160	2	3,37 ± 0,42	3,01 (2,31-3,69)	9,26 (7,44-12,50)	0,16	0,91

Nota: μL / L de ar; N = número de insetos usados no teste; GL = grau de liberdade; EPM = erro padrão da média; IC = intervalo de confiança; X^2 = Qui-quadrado; p[1] = Valor de probabilidade para o modelo de Probit (*P*>0,05).

Fonte: Autores, 2026.

O excelente ajuste dos dados ao modelo Probit (P = 0,91) comprova a confiabilidade estatística dos parâmetros toxicológicos obtidos para o óleo essencial de alecrim. A expressiva mortalidade observada em curtos períodos de exposição corrobora a ação neurotóxica rápida característica de compostos voláteis bioativos sobre pragas de produtos armazenados.

Na literatura científica quando comparado aos resultados de testes de fumigação obtidos por Patiño-Bayona *et al.* (2021). Em seu estudo com o gorgulho do milho, os autores registraram valores de CL_{50} significativamente superiores, como 254,1 μL/L de ar para o óleo de *Lippia alba* e 303,4 μL/L de ar para *Lantana stoechas*.

Esses dados evidenciam que o óleo essencial de alecrim apresenta elevada eficácia como fumigante, exigindo concentrações relativamente baixas para atingir patamares letais elevados em

comparação a outros extratos botânicos descritos na literatura para o manejo de *Sitophilus zeamais* (Silva *et al.*, 2025; Bellon; Cemin, 2023). O desempenho obtido destaca o potencial prático do óleo de alecrim, cuja versatilidade no manejo integrado de pragas é potencializada pela combinação de forte efeito fumigante, toxicidade por contato e propriedades repelentes, alinhando-se às tendências atuais de adoção de alternativas sustentáveis aos inseticidas sintéticos (Mattos *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2025).

4 CONCLUSÃO

Com base nos parâmetros avaliados de toxicidade por fumigação, o óleo essencial de *R.officinalis* apresenta alta eficiência inseticida, configurando-se como uma alternativa viável, promissora e ecologicamente sustentável para o controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Importância socioeconômica**. Brasília, DF: Embrapa. Disponível em: https://www.embrapa.br/web/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica. Acesso em: 23 ago.2026.

ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. **Bioecologia de Sitophilus zeamais Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae)**. São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/Sitophilus/Index.htm. Acesso em: 23 ago. 2026.

BATIHA, G. E.-S. *et al.* A review of the bioactive components and pharmacological properties of Lavandula species. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 396, n. 5, p. 877–900, 2023. DOI: 10.1007/s00210-023-02392-x.

BELLON, P. P.; CEMIN, M. F. R. Efficacy of alternative and biological insecticides on Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae) in corn grains. *In:* **Connecting Expertise: Multidisciplinary Development for the Future**. [S. l.]: Seven Editora, 2023. cap. 118, p. 1–14. DOI: 10.56238/Connexpemultidisdevolpfut-118.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento**, 2026. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 26 ago. 2026.

CRIŞAN, I. *et al.* Current trends for lavender (Lavandula angustifolia Mill.) crops and products. **Plants**, v. 12, n. 2, 2023. DOI: 10.3390/plants12020357.

CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. **A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2008. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/491689/a-cultura-do-milho. Acesso em: 27 ago. 2026.

EMBRAPA. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica, 75). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf. Acesso em: 09 set. 2026.

LORINI, I. Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/820511/manual-tecnico-para-o-manejo-integrado-de-pragas-de-graos-de-cereais-armazenados. Acesso em: 10 set. 2026.

MATTOS, A. P. M. N.; KREWER, A. M. A.; ECCEL, C.; WILL, J. Uso de óleos essenciais para o controle de pragas do milho. **Estrabão**, v. 2, p. 139–147, 2021. DOI: 10.53455/re.v2i.17.

MOURA, E. S.; FARONI, L. R. D.; HELENO, F. F.; RODRIGUES, A. A. Z. Toxicological Stability of Ocimum basilicum Essential Oil and Its Major Components in the Control of Sitophilus zeamais. **Molecules**, v. 26, n. 21, p. 6483, 2021. DOI: 10.3390/molecules26216483.

PATIÑO-BAYONA, W. R. *et al.* Effects of essential oils from 24 plant species on Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Insects**, v. 12, n. 6, p. 532, 2021. DOI: 10.3390/insects12060532.
PATIL, H.; WAGHMARE, J. Lavender Oil: A Comprehensive Review of Composition and Applications. **Asian Journal of Research in Chemistry**, 2024. DOI: 10.52711/0974-4150.2024.00057.

PINHEIRO, L. da S. *et al.* Características agro econômicas do milho: uma revisão. **Natural Resources**, v. 11, n. 2, p. 13–21, 2021. DOI: 10.6008/CBPC2237-9290.2021.002.0003.

SILVA, G. F.; NUNES, R. S.; RODRIGUES, Y. S.; CUNHA, A. L. B.; CHAVES, F. C. M. Ação inseticida de óleos essenciais no controle de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 12., 2025, Manaus. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1184109/1/Resumo12sboe-0066.pdf. Acesso em: 09 set. 2026.

CAPÍTULO 10

DA CONSERVAÇÃO LOCAL À GOVERNANÇA GLOBAL: O PAPEL DA EDUCAÇÃO E DA BIODIVERSIDADE NA AMAZÔNICA

Jussara Gonçalves Fonseca
Doutoranda em Entomologia e Conservação da Biodiversidade/UFGD, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1350



Resumo: A crise ambiental contemporânea exige abordagens integradas que articulem conservação local com políticas globais de sustentabilidade, especialmente em ecossistemas críticos. Este trabalho examina a interconexão entre restauração ecológica, educação ambiental e governança climática na Amazônia. Através de análise bibliográfica, demonstra-se que comunidades ribeirinhas e povos indígenas possuem conhecimentos tradicionais essenciais para a conservação funcional de ecossistemas, atuando como agentes de manejo sustentável. A educação ambiental nas escolas, fundamentada na pedagogia crítica, constitui ferramenta fundamental para a transformação social e o engajamento cívico em políticas climáticas. Além disso, a governança climática, especialmente no contexto da COP30 no Brasil, representa uma oportunidade ímpar para a integração de saberes locais em decisões globais, promovendo políticas ambientais mais inclusivas e eficazes. Conclui-se que a sustentabilidade amazônica depende intrinsecamente da articulação sinérgica entre estes três eixos: conservação com base em conhecimentos ecológicos tradicionais, educação transformadora para a cidadania ambiental e governança participativa em múltiplos níveis.

Palavras-chave: Conservação. Educação ambiental. Governança climática. Saberes tradicionais. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O Antropoceno marca uma era de transformações ambientais sem precedentes, caracterizada pela aceleração das mudanças climáticas, perda de biodiversidade e degradação de ecossistemas (Steffen *et al.*, 2015). A Amazônia, como maior floresta tropical do planeta, desempenha papel crucial na regulação do clima global e na manutenção da biodiversidade (Nobre

et al., 2016). Contudo, processos de desflorestamento, fragmentação de habitats e pressões antrópicas comprometem sua integridade ecológica (Fearnside; Filho, 2025).

Neste contexto, a sustentabilidade emerge como paradigma necessário para conciliar desenvolvimento humano com conservação ambiental (Brundtland, 1987). A restauração ecológica funcional representa estratégia promissora para recuperação de áreas degradadas, especialmente quando integrada com conhecimentos tradicionais de comunidades locais (Lamb *et al.*, 2005). Estudos recentes demonstram que ecossistemas restaurados com participação comunitária apresentam maior resiliência e efetividade, promovendo a recuperação da biodiversidade em paisagens tropicais (Chazdon *et al.*, 2016; Williams *et al.*, 2024).

A educação ambiental constitui ferramenta transformadora para engajamento social em questões de sustentabilidade (Freire, 1996). Quando implementada nas escolas, promove desenvolvimento de consciência crítica e capacita indivíduos para ação ambiental responsável (Gadotti, 2008). Pesquisas indicam que educação ambiental de qualidade correlaciona-se com maior engajamento em políticas públicas de conservação e desenvolvimento de literacia ambiental (Kollmuss; Agyeman, 2002; Goldman *et al.*, 2013).

A governança climática, particularmente através de conferências internacionais como a COP30, representa espaço privilegiado para integração de perspectivas locais em decisões globais (UNFCCC, 2023; Nurunnabi, 2026). A articulação entre saberes tradicionais e conhecimento científico potencializa a efetividade de políticas de mitigação e adaptação climática (Agrawal, 1995; Becker; Ghimire, 2003).

2 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E CONSERVAÇÃO LOCAL

2.1 Fundamentos da Restauração Funcional

A restauração ecológica funcional diferencia-se de abordagens tradicionais por focar na recuperação de processos ecológicos essenciais, não apenas na recomposição florística (Hobbs; Harris, 2001). Este enfoque reconhece que ecossistemas são sistemas dinâmicos, sujeitos a variações naturais e pressões antrópicas (Suding; Hobbs, 2009). A restauração funcional busca reestabelecer a capacidade do ecossistema de fornecer serviços essenciais como ciclagem de nutrientes, regulação hídrica e provisão de habitat (Lamb *et al.*, 2005).

Estudos de caso na Amazônia demonstram que restauração com espécies nativas adaptadas às condições locais apresenta maior taxa de sucesso ecológico (Chazdon *et al.*, 2016). A integração de conhecimentos tradicionais sobre dinâmica florestal potencializa estas iniciativas, reduzindo custos e aumentando aceitação comunitária (Agrawal, 1995; Agnoletti, 2007). Comunidades ribeirinhas possuem séculos de experiência em manejo sustentável de recursos florestais,

conhecimento que deve ser valorizado e integrado em projetos de restauração (Pamplona *et al.*, 2026a).

2.2 Comunidades Ribeirinhas e Saberes Tradicionais

As comunidades ribeirinhas da Amazônia desenvolveram ao longo de gerações sistemas sofisticados de manejo de recursos naturais (Agrawal, 1995). Estes saberes tradicionais representam acúmulo de conhecimento empírico sobre dinâmica florestal, ciclos hidrológicos e biodiversidade local (Berkes *et al.*, 2000). Pesquisas etnobotânicas documentam que comunidades tradicionais utilizam uma vasta proporção das espécies vegetais amazônicas para fins medicinais, alimentares ou tecnológicos, evidenciando uma profunda conexão entre cultura e biodiversidade (Prance, 1994).

A valorização de saberes tradicionais não constitui romantização do passado, mas reconhecimento de que conhecimentos locais frequentemente incorporam séculos de observação ecológica (Agrawal, 1995; Berkes; Davidson-Hunt, 2006). Estudos comparativos demonstram que áreas manejadas por comunidades tradicionais apresentam níveis de biodiversidade comparáveis ou superiores a áreas protegidas convencionais, destacando a eficácia do conhecimento ecológico tradicional (Berkes *et al.*, 2000; Rao *et al.*, 2003). A integração destes saberes em políticas de conservação potencializa efetividade e sustentabilidade de iniciativas ambientais (Pamplona *et al.*, 2026a).

2.3 Desafios e Oportunidades para a Conservação Local

Apesar da importância reconhecida dos saberes tradicionais e da restauração ecológica, existem desafios significativos para sua implementação em larga escala (Ostrom, 2009). Pressões econômicas, mudanças climáticas e políticas inadequadas frequentemente comprometem iniciativas locais de conservação (Fearnside; Filho, 2025). Contudo, existem oportunidades significativas para fortalecimento de estratégias integradas que combinem conhecimentos tradicionais com ciência moderna para a gestão florestal sustentável (Teixeira *et al.*, 2026; Rani *et al.*, 2025).

3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E TRANSFORMAÇÃO SOCIAL

3.1 Educação Ambiental nas Escolas

A educação ambiental constitui processo educativo contínuo que desenvolve consciência crítica sobre relações entre sociedade e natureza (Freire, 1996). Quando implementada nas escolas, promove desenvolvimento de competências para compreensão de problemas ambientais

complexos e participação em soluções (Gadotti, 2008). Pesquisas demonstram que educação ambiental de qualidade correlaciona-se com maior engajamento cívico, responsabilidade ambiental e desenvolvimento de literacia ambiental entre os estudantes (Kollmuss; Agyeman, 2002; Huang; Hsin, 2023).

A pedagogia crítica, fundamentada em Paulo Freire, propõe educação como prática de liberdade que capacita indivíduos para transformação social (Freire, 1996). Aplicada à educação ambiental, este enfoque reconhece que questões ambientais são intrinsecamente políticas e exigem engajamento crítico com estruturas de poder (Gadotti, 2008; Mclaren; Houston, 2004). Estudos de caso demonstram que escolas que implementam educação ambiental crítica apresentam maior engajamento estudantil em ações de sustentabilidade e justiça ambiental (Pamplona *et al.*, 2026b; Cachelin; Nicolosi, 2022).

3.2 Governança Climática e Políticas Internacionais

A governança climática refere-se a sistemas de tomada de decisão sobre políticas climáticas em múltiplos níveis: local, nacional e internacional (UNFCCC, 2023). A COP30, realizada no Brasil, representa oportunidade estratégica para integração de perspectivas amazônicas em decisões globais sobre clima (Souza *et al.*, 2026; Nurunnabi, 2026). A participação de comunidades locais, povos indígenas e sociedade civil em processos de governança climática potencializa legitimidade e efetividade de políticas (Silva-Muller, 2026).

Estudos sobre governança ambiental demonstram que processos participativos e descentralizados apresentam maior efetividade que abordagens top-down (OSTROM, 2009). A articulação entre conhecimentos tradicionais e científicos em processos de governança climática representa avanço significativo para desenvolvimento de políticas culturalmente apropriadas e ecologicamente efetivas (Agrawal, 1995). A COP30 oferece plataforma para demonstração de modelos inovadores de governança que integram múltiplas formas de conhecimento e enfrentam os desafios da desinformação (Souza *et al.*, 2026; Silva, 2026).

3.3 Integração de Conhecimentos para Sustentabilidade

A integração entre saberes tradicionais, conhecimento científico e educação ambiental constitui abordagem promissora para sustentabilidade amazônica (Berkes *et al.*, 2000). Estudos interdisciplinares demonstram que sistemas de conhecimento híbridos apresentam maior capacidade de resposta a desafios ambientais complexos (Agrawal, 1995; Becker; Ghimire, 2003). A governança climática participativa oferece espaço institucional para esta integração, permitindo

que múltiplas formas de conhecimento informem decisões sobre sustentabilidade (UNFCCC, 2023; Tollefson, 2013).

4 CONCLUSÃO

A sustentabilidade amazônica exige abordagem integrada que articule restauração ecológica funcional, educação ambiental transformadora e governança climática participativa. Comunidades ribeirinhas e povos indígenas possuem conhecimentos ecológicos tradicionais essenciais para conservação efetiva de ecossistemas, cujo valor deve ser reconhecido em políticas de manejo florestal (Pamplona *et al.*, 2026a). A educação ambiental nas escolas, baseada na pedagogia crítica, constitui ferramenta fundamental para desenvolvimento de literacia ambiental, consciência crítica e engajamento social (Pamplona *et al.*, 2026b). A COP30 representa oportunidade estratégica para demonstração de modelos inovadores que integram múltiplas formas de conhecimento em processos de governança climática (Souza *et al.*, 2026). Recomenda-se fortalecimento de políticas públicas que valorizam saberes tradicionais, investimento em educação ambiental de qualidade e criação de espaços institucionais para governança participativa. A articulação destes três eixos constitui caminho necessário para construção de futuro sustentável para Amazônia e planeta.

REFERÊNCIAS

AGNOLETTI, M. Traditional forest knowledge: Challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v. 249, n. 1-2, p. 1-4, 2007.

AGRAWAL, A. Dismantling the Divide Between Indigenous and Scientific Knowledge. **Development and Change**, v. 26, n. 3, p. 413-439, 1995.

BECKER, C. D.; GHIMIRE, K. Synergy between traditional ecological knowledge and conservation science supports forest preservation in Ecuador. **Conservation Ecology**, v. 8, n. 1, p. 1, 2003.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. Rediscovery of Traditional Ecological Knowledge as Adaptive Management. **Ecological Applications**, v. 10, n. 5, p. 1251-1262, 2000.

BERKES, F.; DAVIDSON-HUNT, I. J. Biodiversity, traditional management systems, and cultural landscapes: examples from the boreal forest of Canada. **International Social Science Journal**, v. 58, n. 187, p. 35-47, 2006.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press, 1987.
CACHELIN, A.; NICOLOSI, E. Investigating critical community engaged pedagogies for transformative environmental justice education. **Environmental Education Research**, v. 28, n. 4, p.491-507, 2022.

CHAZDON, R. L. *et al.* Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. **Science Advances**, v. 2, n. 5, p. e1501639, 2016.

FEARNSIDE, P. M.; FILHO, W. L. **COP 30:** Brazilian policies must change. Science, v. 387, n. 6734, p. 473-473, 2025.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GADOTTI, M. **Pedagogia da Terra**. São Paulo: Peirópolis, 2008.

GOLDMAN, D.; ASSARAF, O. B. Z.; SHAHRABANI, D. Influence of a non-formal environmental education programme on junior high-school students' environmental literacy. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 3, p. 515-545, 2013.

HOBBS, R. J.; HARRIS, J. A. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, v. 9, n. 2, p. 239-246, 2001.

HUANG, H.; HSIN, C. T. Environmental Literacy Education and Sustainable Development in Schools Based on Teaching Effectiveness. **International Journal of Sustainable Development**, v. 26, n. 1, p. 1-15, 2023.

KOLLMUSS, A.; AGYEMAN, J. Mind the Gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? **Environmental Education Research**, v. 8, n. 3, p. 239-260, 2002.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. **Science**, v. 310, n. 5754, p. 1628-1632, 2005.

MCLAREN, P.; HOUSTON, D. Revolutionary ecologies: Ecosocialism and critical pedagogy. **Educational Studies**, v. 36, n. 1, p. 27-45, 2004.

NOBRE, C. A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 2016.

NURUNNABI, M. Reconnecting climate governance with sustainable development: evidence from three decades of COP1–COP29. **Sustainable Development**, 2026.

OSTROM, E. A polycentric approach for coping with climate change. **World Bank Policy Research Working Paper**, n. 5095, p. 1-16, 2009.

PAMPLONA, C. S. R. *et al.* A Relação Entre Cultura, Ambiente e Sustentabilidade: Saberes Tradicionais e Conservação Amazônica. **Revista de Estudos Amazônicos**, v. 15, n. 2, p. 45-62, 2026a.

PAMPLONA, C. S. R. *et al.* Educação Ambiental nas Escolas: Transformação Social e Engajamento Cívico. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 78-95, 2026b.

PRANCE, G. T. **Ethnobotany and the search for new drugs**. *In:* CIBA Foundation Symposium 185. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. p.22-32.

RANI, J. *et al.* Synergies of traditional ecological knowledge in biodiversity conservation: A paradigm for sustainable food security. In: Biodiversity Conservation. Springer, 2025.

RAO, K. S. *et al.* Indigenous ecological knowledge, biodiversity and sustainable development in the central Himalayas. **Tropical Ecology**, v. 44, n. 1, p. 93-111, 2003.

SILVA, H. M. COP 30 and climate governance under informational stress: Political coherence, disinformation, and decision-making risks. **Sustainable Futures**, v. 8, p. 100142, 2026.

SILVA-MULLER, L. **Reach and Retrenchment of the Environmental State:** Global Climate Politics in the Amazon Rainforest. Global Environmental Politics, 2026.

SOUZA, M. G. et al. Governança Climática e Políticas Ambientais: Perspectivas para a COP30. **Revista de Política Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 112-128, 2026.

STEFFEN, W. *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.

SUDING, K. N.; HOBBS, R. J. Threshold models in restoration ecology: a framework for understanding state-dependent ecosystem restoration. **Ecology Letters**, v. 12, n. 2, p. 119-126, 2009.

TEIXEIRA, R. M. *et al.* Desafios Contemporâneos para a Conservação Local na Amazônia. Sustentabilidade em Debate, v. 17, n. 1, p. 34-50, 2026.

TOLLEFSON, J. A light in the forest: Brazil's fight to save the Amazon and climate-change diplomacy. **Foreign Affairs**, p. 141-151, 2013.

UNFCCC. Conference of the Parties (COP30). **United Nations Framework Convention on Climate Change**, 2023. Disponível em: https://unfccc.int/. Acesso em: 22 jun. 2026.

WILLIAMS, B. A. *et al.* Global potential for natural regeneration in deforested tropical regions. **Nature**, v. 628, p. 1-7, 2024.

CAPÍTULO 11

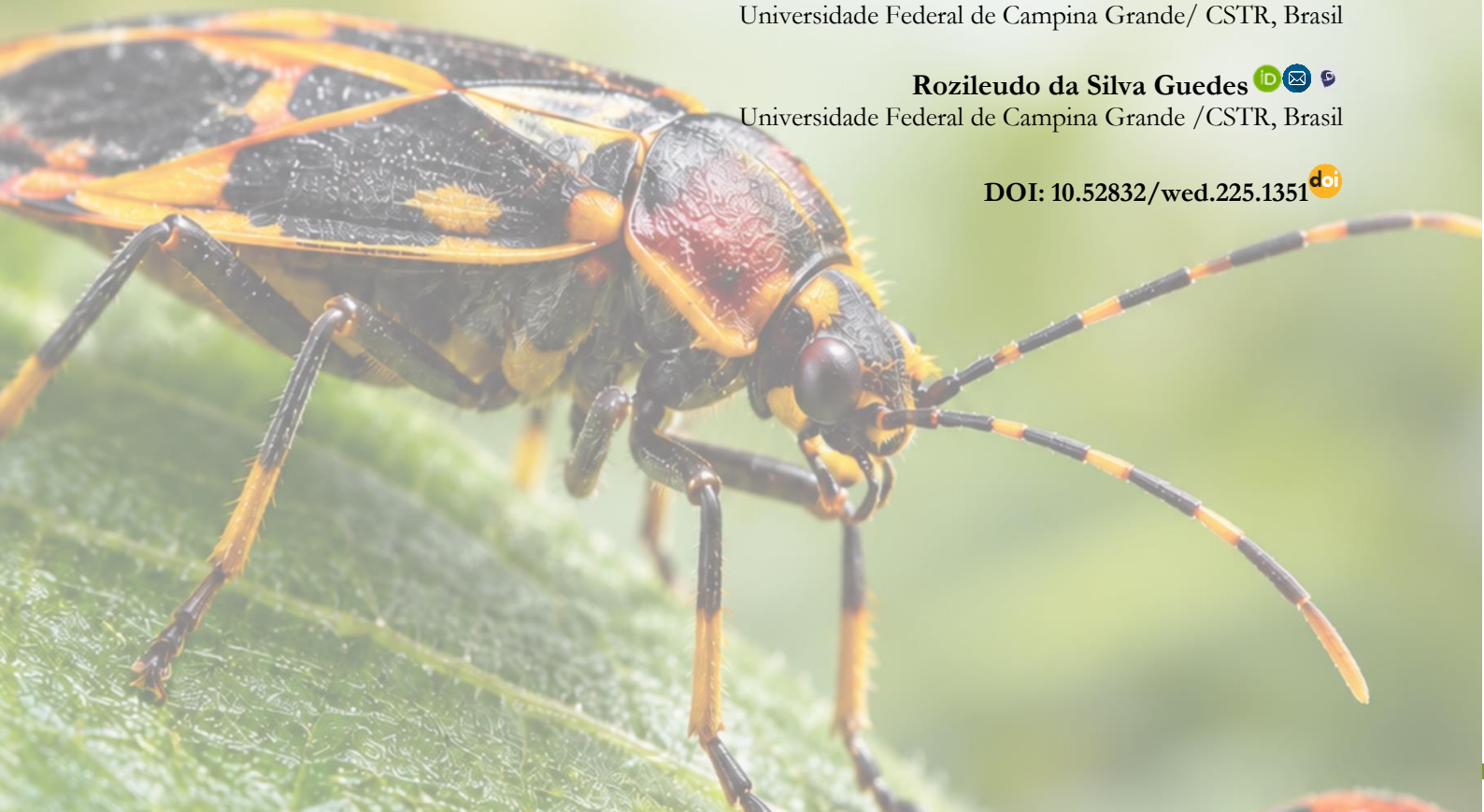
PERCEPÇÃO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO SOBRE ABELHAS NO MUNICÍPIO DE AREIA DE BARAÚNAS, PB

Gleidson Natan de Lima
Universidade Federal de Campina Grande/CSTR, Brasil

Damara Soweto Oliveira Ferreira da Silva
Universidade Federal de Campina Grande/ CSTR, Brasil

Rozileudo da Silva Guedes
Universidade Federal de Campina Grande /CSTR, Brasil

DOI: 10.52832/wed.225.1351



Resumo: As abelhas são organismos fundamentais para o equilíbrio ambiental assim como para produção de alimentos por meio da polinização. Ainda assim, muitas pessoas sabem pouco sobre elas, principalmente sobre as nativas sem ferrão. Este estudo avaliou o que estudantes do ensino médio de uma escola do município de Areia de Baraúna (PB), sabem sobre esses insetos. Para isso, foi realizada uma pesquisa de abordagem quali-quantitativa. Os resultados apontam que, embora os jovens afirmem que conhecem as abelhas de forma geral, esse conhecimento reduz drasticamente quando o assunto são as espécies sem ferrão. A maioria associa esses insetos apenas à produção de mel, ignorando o seu papel na conservação da natureza. Também foi observado que muitos alunos confundem abelhas nativas com marimbondos e espécies exóticas. Os resultados revelam que o ensino da fauna de abelhas nativas ainda é frágil e que é preciso, mais ações de educação ambiental que aproximem os estudantes da biodiversidade da Caatinga.

Palavras-chave: Caatinga. Ecologia. Educação ambiental. Ensino de Biologia. Meliponíneos. Polinizadores.

1 INTRODUÇÃO

As abelhas são peças fundamentais para a vida no planeta Terra. Elas funcionam como motores da natureza ao polinizar plantas nativas e plantações agrícolas, garantindo o equilíbrio do meio ambiente e a nossa produção de comida (Imperatriz-Fonseca et al., 2012). Para se ter uma ideia, cerca de 75% dos alimentos que consumimos dependem, de alguma forma, do trabalho de polinização por animais, e as abelhas são as grandes protagonistas desse processo (Souza; Evangelista-Rodrigues; Pinto, 2007). Com isso, a importância de proteger esses insetos vai muito além do cuidado ecológico; engloba a nossa economia e também nossa sobrevivência.

O Brasil tem uma elevada diversidade de abelhas nativas sem ferrão, pertencentes a tribo Meliponini, e por isso são chamados de meliponíneos. Elas estão espalhadas por vários cantos do nosso país, inclusive na Caatinga, onde ajudam a manter a mata nativa em pé (Aguiar, 2003). No Sertão nordestino, espécies como a jandaíra, a cupira e a canudo fazem parte da cultura e da economia local, sendo fonte de renda extra para muitas famílias rurais. Apesar disso, muitas pessoas desconhecem a variedade de espécies nativas do nosso próprio país (Paixão; Martínez, 2018). Esse desconhecimento também se encontra dentro das escolas muitos estudantes têm dificuldade para identificar as abelhas sem ferrão e não percebem o papel que elas cumprem na natureza (Machado-Ordunha; Mucci, 2021).

Apesar da valiosa contribuição que abelhas apresentam para o homem e a natureza, suas populações estão em declínio. O desmatamento, as queimadas, a destruição das matas, o uso exagerado de agrotóxicos e as mudanças no clima estão acabando com esses polinizadores no mundo inteiro (Santos, 2010). Se as abelhas desaparecerem, o impacto será devastador, afetando a reprodução das plantas e quebrando toda a cadeia alimentar. É por isso que a educação ambiental precisa entrar em ação nas escolas. Estudar o que os alunos pensam e sabem sobre o tema ajuda a descobrir onde estão as falhas de informação e nos permite criar formas mais eficientes de ensinar sobre a natureza da nossa região.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a percepção de estudantes do ensino médio de uma escola do município de Areia de Baraúna (PB) sobre as abelhas sem ferrão.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em junho de 2025 com 54 alunos do ensino médio da Escola Estadual ECI Clóvis Sátiro, do município de Areia de Baraúnas, no estado da Paraíba. A consulta aos estudantes foi realizada antes de uma vivência extensionista por ocasião de uma visita dos alunos ao meliponário didático da UFCG, Campus de Patos, Paraíba. Todos os alunos optaram voluntariamente em participar respondendo a um questionário sobre as abelhas, para que se traçasse o perfil do conhecimento prévio do público-alvo ao chegarem ao Campus universitário, antes da atividade de extensão com as abelhas sem ferrão promovida por iniciativa entre escola e a universidade.

Do total de alunos participantes, 29 eram do sexo feminino e 25 eram sexo masculino, e contemplavam as três séries do ensino médio. Para coletar as informações foi aplicado um questionário contendo 11 questões de múltipla escolha e discursivas. O questionário abordou sobre

as abelhas nativas e atividades humanas que as prejudicam, e as perguntas estas que estão apresentadas na Tabela 1.

Para a apresentação dos resultados, as questões foram divididas em dois blocos com objetivos complementares: Bloco 1 (Questões 1 a 5): funcionou como um termômetro inicial. Foram utilizadas perguntas de múltipla escolha com "sim" ou "não" para mapear o conhecimento prévio do assunto. Esses dados serviram para traçar o perfil do público-alvo; e no Bloco 2 (Questões 6 a 11): foi analisada com um pouco mais de profundidade a percepção dos estudantes.

Tabela 1- Perguntas do questionário submetido aos estudantes do ensino médio.

QUESTÃO	PERGUNTA	OBJETIVO DA PERGUNTA
1	Você conhece algum tipo de abelha?	Ver a familiaridade inicial com o tema
2	Qual seu conhecimento sobre abelhas sem ferrão?	Avaliar o que já sabiam sobre elas
3	Na sua opinião, as abelhas nos trazem algum benefício?	Checar a primeira impressão sobre a utilidade delas
4	Você acha que as plantas são importantes para as abelhas?	Identificar noções básicas de ecologia
5	Você considera importante saber mais sobre as abelhas?	Medir o interesse dos alunos pelo assunto
6	Onde você pode encontrar abelhas?	Descobrir os espaços de contato com os insetos
7	Você tem medo de abelhas?	Entender visões culturais e comportamentos
8	O que você poderia ajudar a reduzir o desaparecimento das abelhas?	Avaliar a consciência sobre preservação
9	Em sua opinião, qual a importância das abelhas?	Ver se entendem a função ecológica delas
10	Para você o que é uma abelha?	Capturar a ideia geral que eles tinham do abelha
11	Você conhece algum nome de alguma abelha sem ferrão? Se sim, qual(is)?	Listar as espécies conhecidas

Fonte*:* Dados da pesquisa, 2025.

Após a aplicação dos questionários, todas as respostas foram tabuladas em planilhas eletrônicas para confecção de tabelas e gráficos. Para a análise quantitativa realizou-se por meio de estatística descritiva, considerando as frequências absolutas e relativas dos dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para começar a entender o cenário, foi traçado um panorama sobre o quanto os estudantes conheciam o tema. Na primeira questão, 90% dos estudantes afirmaram que conhecem as abelhas. Esse número alto faz sentido, uma vez que esses insetos estão muito presentes no imaginário popular e no dia a dia do sertão, quase sempre associados a jardins, à produção de mel ou ao medo de levar uma ferroada.

O cenário muda completamente quando foi perguntado sobre temas mais específicos da pesquisa. Quando indagados sobre as abelhas sem ferrão, o número de respostas positivas diminuiu praticamente pela metade (54%). Essa queda revela uma dualidade importante: os jovens conhecem o inseto de forma genérica, mas ignoram a rica diversidade nativa do nosso país. Isso acontece, provavelmente, devido ao senso comum focar quase sempre na abelha com ferrão africanizada (*Apis mellifera*), que é a mais amplamente divulgada nos meios de comunicação, e principalmente na produção comercial de mel. Nogueira-Neto (1997) já alertava que, embora o grupo dos meliponíneos seja vital para o equilíbrio dos ecossistemas tropicais, a sociedade e o ambiente escolar ainda dão pouco espaço para eles.

Quando questionados sobre a relação ecológica, 96,3% dos alunos reconheceram que as plantas são importantes para as abelhas, e 92,6% consideraram importante saber mais sobre esses insetos, evidenciando uma abertura pedagógica para projetos com essa temática. De fato, as plantas são relevantes pois fornecem diversos recursos para abelhas como néctar, pólen, resina, além de locais para a nidificação (Brasil e Guimarães-Brasil, 2018; Maia-Silva, 2012).

Quanto ao convívio prático, os locais mais citados onde os estudantes entrevistados costumam encontrar abelhas foram: "sítio" com 87% e "plantação" com 79%. Esse resultado já era esperado, uma vez que, evidencia o fato dos estudantes associarem as abelhas a locais com vegetação, o que demonstra uma associação correta para hábitats naturais de ocorrência com mais chances de serem encontradas.

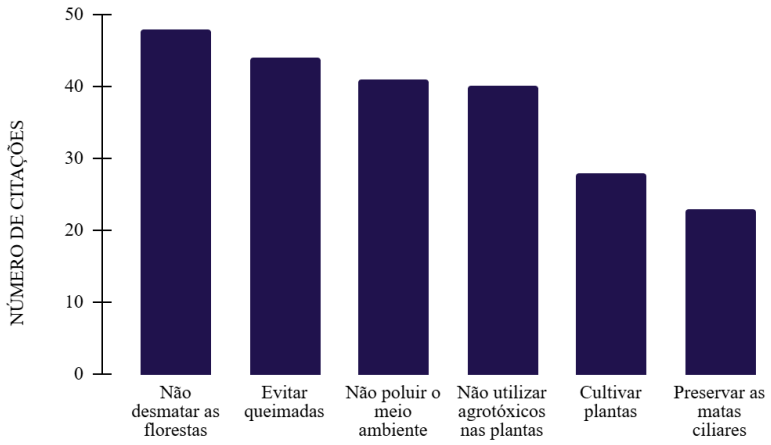
Quando indagados sobre "você medo de abelhas?" observou-se que uma parcela considerável dos participantes (49%) sente esse sentimento das abelhas. Furtado e Novaes (2025) em estudo no município de Barreirinha (MA) também observou que a maioria dos alunos afirmou

ter medo de abelhas. Esse fator cultural do medo justifica a associação direta feita pelos alunos entre a abelha e o risco de ferroadas, reforçando a necessidade de desmistificar essa percepção, a partir do conhecimento sobre as espécies nativas eussociais que apresentam o ferrão atrofiado, e por isso, não possuem essa habilidade de defesa sendo, e em geral, dóceis.

Como os alunos veem as ameaças às abelhas

Depois desse diagnóstico inicial, foi abordado o que poderia ser feito para evitar o desaparecimento das abelhas. Os estudantes demonstraram ter uma boa noção de causa e efeito (Figura 1). Eles apontaram que, para proteger as abelhas, as principais ações humanas devem ser: não desmatar (88,9%), evitar queimadas (81,5%), não poluir o meio ambiente em geral (75,9%) e não utilizar agrotóxicos (74,1%).

Figura 1 - Ações apontadas pelos alunos para reduzir o desaparecimento das abelhas.



Fonte*:* Dados da pesquisa (2025)

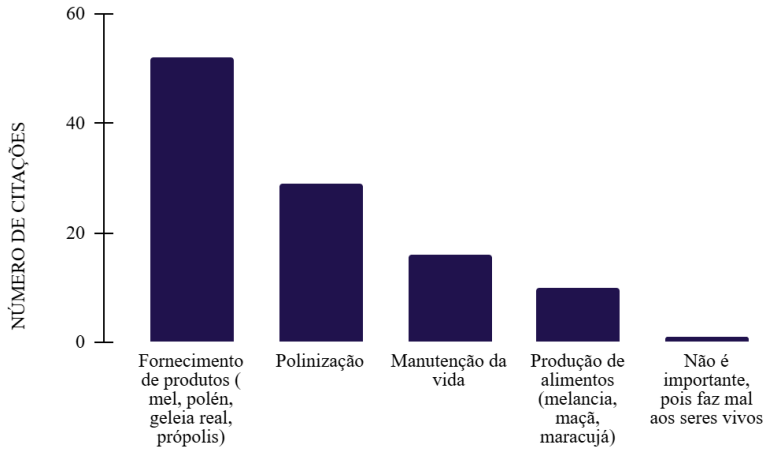
Esses dados demonstram que os entrevistados não estão alheios aos problemas ambientais. Eles conseguem relacionar o comportamento humano com as práticas que prejudicam as abelhas. Essa percepção é crucial quando pensamos no contexto da Caatinga, um bioma que já sofre bastante com o desmatamento e a perda de vegetação nativa. Quando a vegetação nativa é destruída, as abelhas sem ferrão perdem suas fontes de alimento e os locais onde constroem seus ninhos.

Além disso, os alunos identificaram o perigo dos agrotóxicos. O uso intensivo desses produtos químicos afeta diretamente a reprodução e o senso de orientação das abelhas. No entanto, as respostas concentraram-se principalmente nos impactos ambientais mais visíveis (como o desmatamento e o uso de agrotóxicos), sem aprofundar as consequências ecológicas e econômicas associadas à redução das populações de abelhas nativas. De acordo com Santos (2010), as queimadas e o uso excessivo de inseticidas são as principais causas no Brasil, o que reforça a urgência desse tema ser trabalhado em sala de aula de forma mais aprofundada. Nesse sentido, Santos *et al.* (2025) reportam que a educação ambiental nas escolas contribui para que os alunos desenvolvam uma compreensão mais ampla da sustentabilidade, e são incentivados a integrar práticas sustentáveis em seu dia a dia.

Utilidade comercial vs. papel na natureza

Quando foi investigado diretamente a importância das abelhas, a visão comercial ficou evidente. Quase a totalidade dos alunos (96,3%) associou esses insetos a "fornecimento de produtos" como o mel, 42,6% assinalou a "polinização", e uma parcela ainda menor (29,6%) citou "manutenção da vida" como ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Importância das abelhas segundo os alunos do ensino médio.



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Esse resultado evidencia que provavelmente, a visão comercial com o fornecimento de produtos ao homem por parte das abelhas ainda é mais divulgada do que a sua importância ecológica. Pode-se inferir que que os alunos apresentaram uma visão sobre as abelhas por uma ótica mais utilitarista, ou seja, serve principalmente para que o ser humano possa obter seus produtos de forma direta para o seu consumo.

Wissen Editora, 2026 |ISBN 978-65-6219-019-9|DOI: 10.52832/wed.225

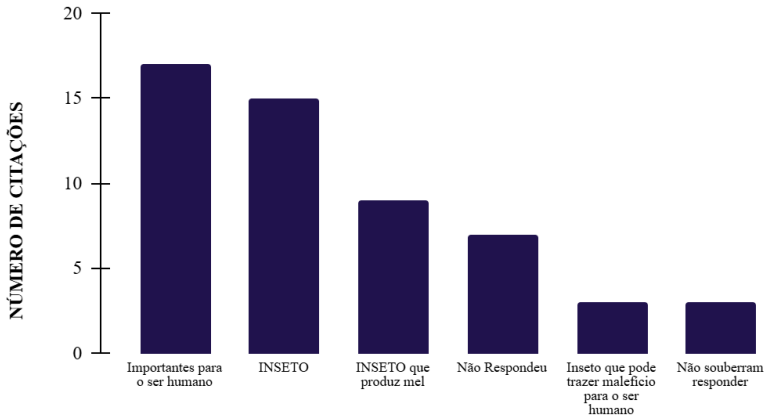
Esse comportamento evidencia a falta de conhecimento das abelhas nativas e o seu papel na polinização. Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva (2010) reportam que a polinização é um dos mecanismos fundamentais para que a biodiversidade continue existindo e para garantir a produção de alimentos.

Para romper com essa visão puramente comercial, o desenvolvimento de práticas pedagógicas voltadas para a realidade local se mostra promissora. Nesse sentido, Morais, Silva e Souza (2024) destacam a meliponicultura como uma excelente ferramenta pedagógica para a educação ambiental, permitindo que os estudantes obtenham mais conhecimentos sobre as abelhas nativas. Da mesma forma, Paula e Freitas (2024) ressaltam que aproximar os alunos das abelhas nativas por meio de relatos de experiências práticas ajuda a construir uma percepção ecológica muito mais sólida e contextualizada.

O que é uma abelha na visão dos estudantes?

A Figura 3 joga luz sobre como os participantes definem conceitualmente esses insetos. Os dados revelam que, a maior parte dos entrevistados soube conceituar corretamente relacionando ao táxon animal a que pertencem ou mesmo sobre seu papel na natureza. No entanto, foi observado que ainda persistem visões superficiais ou equivocadas sobre o seu verdadeiro papel na natureza. Uma parte dos estudantes associou esses polinizadores unicamente ao risco de ferroadas e aos danos à saúde humana (5,56%), enquanto outros não souberam responder, o que aponta lacunas no conhecimento básico sobre o tema.

Figura 3 - Concepção dos alunos acerca do conceito de abelha.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Essa associação direta com o perigo e a dor é construída, na maioria das vezes, por meio de experiências culturais e relatos sociais negativos. Investigar essa percepção é fundamental

porque o medo e a rejeição cultural podem levar à destruição intencional de ninhos, o que dificulta os esforços de conservação das espécies nativas em que, as espécies sociais, sequer possuem ferrão. Essa dinâmica geralmente reflete a falta de discussões voltadas para os polinizadores no espaço escolar.

Subestimar as funções ecológicas das abelhas revela um ponto crítico na educação ambiental, indicando que o ensino ainda negligência a biodiversidade regional e os serviços ecossistêmicos que esses insetos oferecem. Como as abelhas são o elo biológico central tanto para as florestas nativas quanto para as plantas cultivadas, sua preservação é fundamental para a segurança alimentar e para a produção de alimentos, uma vez que grande parte das culturas agrícolas depende da polinização realizada por esses insetos (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2012; Souza; Evangelista-Rodrigues; Pinto, 2007). Contudo, a falta desse entendimento prejudica o desenvolvimento de uma consciência socioambiental crítica e diminui o engajamento dos jovens na proteção da natureza.

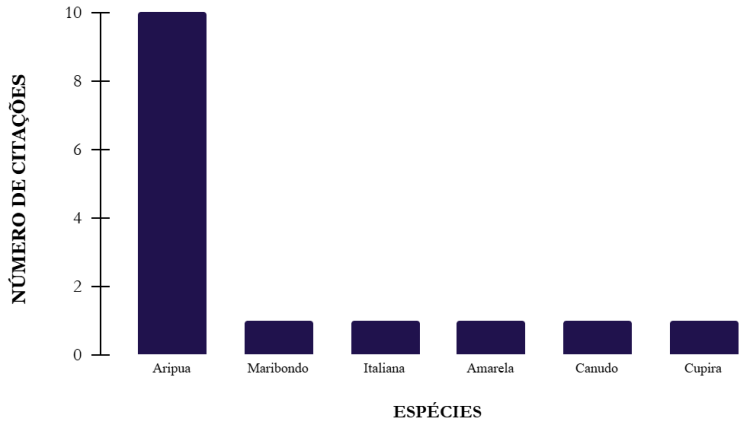
Resultados parecidos foram encontrados por Santos e Pinto (2019) e por Paixão e Martínez (2018) em pesquisas com a educação básica. Ambos os estudos confirmam que o conhecimento dos alunos frequentemente se limita a saberes superficiais, o que impede que compreendam o inseto como parte de um sistema vivo complexo. Os autores convergem ao apontar que a melhor alternativa para superar esse cenário é realizar intervenções didáticas interativas que aproximem os estudantes da fauna local. Dessa forma, fica evidente que a visão dos alunos ainda é moldada pela cultura popular do dia a dia, reforçando a necessidade de práticas pedagógicas contextualizadas e capazes de conectar a ciência escolar com a realidade ambiental.

O conhecimento específico sobre as espécies nativas

Ao analisar o conhecimento focado nos meliponíneos, a maioria dos alunos não soube citar nenhum nome de espécie. Apenas 27,8% dos participantes afirmaram conhecer as abelhas sem ferrão, o que demonstra uma familiaridade muito reduzida.

Quando questionados sobre mencionar nomes de abelhas sem ferrão apenas alguns alunos souberam e citaram corretamente nomes de espécies de ocorrência regional, como arapuá, canudo e cupira (Figura 4). Além disso, o diagnóstico também registrou respostas incorretas, como "marimbondo" (que pertence ao grupo das vespas) e “abelha italiana" (uma espécie exótica com ferrão). Isso evidencia uma clara confusão conceitual entre diferentes táxons de insetos.

Figura 4 - Nomes de "abelhas sem ferrão" mencionados por alunos do ensino médio.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Esse equívoco demonstra que o conhecimento dos estudantes sobre esses polinizadores ocorre de forma fragmentada e pouco sistematizada. Esse cenário repete uma tendência histórica no ensino de Ciências e Biologia, onde os conteúdos de zoologia costumam ser ensinados de forma descontextualizada da fauna local (Freitas, Imperatriz-Fonseca, Medina, 2009). Com esse distanciamento, o contato com a rica diversidade de abelhas nativas da Caatinga acaba sendo ignorado nas salas de aula.

Como consequência, os alunos passam a reconhecer apenas os organismos que aparecem na grande mídia comercial ou no senso comum, como a espécie exótica *Apis mellifera* (Silva; Silveira, 2016). A imagem das nativas, portanto, acaba limitada a saberes estritamente utilitaristas, como a colheita do mel, carecendo de um embasamento ecológico mais sólido sobre a diversidade brasileira (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2012).

Machado-Ordunha e Mucci (2021), ao desenvolverem atividades de educação ambiental com alunos de escolas públicas em Carangola (MG) encontraram padrão semelhante de conhecimento superficial sobre a diversidade das espécies das abelhas, sendo que muitos estudantes conheciam apenas a abelha exótica africanizada (*Apis mellifera*) e restrigiram o termo "abelha" à espécie africanizada. Comportamento semelhante foi observado Araújo *et al.* (2019) em um estudo conduzido com estudantes do IFPB Campus Patos, que constataram que a maioria dos participantes desconhecia a diversidade das espécies nativas, limitando-se à abelha social exótica mais amplamente conhecida.

É um dado preocupante quando lembramos que existem cerca de 20 mil espécies de abelhas no mundo, sendo a maior parte delas solitária e desconhecida do público geral (Imperatriz-Fonseca; Nunes-Silva, 2010). Embora os alunos tragam uma base comum de conhecimento, as limitações sobre as espécies e o bioma os quais estão inseridos são evidentes.

Diante desse panorama, a distância entre os acertos e as confusões conceituais, os quais limitaram o reconhecimento das abelhas sem ferrão a menos de um terço da amostra, nos prova que a fauna da nossa região ainda é pouco percebida no cotidiano escolar. O fato de espécies nativas importantes coexistirem na mente dos alunos com baixo percentual de acerto, em geral, nas respostas mostra que o ambiente de ensino precisa aproximar urgentemente os estudantes da realidade que os cerca.

Vencer essas lacunas exige mais do que apenas citar o tema nos livros de forma superficial; demanda estratégias práticas que valorizem a diversidade local e o manejo das espécies nativas como ferramentas reais de aprendizado. Através da conexão entre o jovem com o ambiente, o conhecimento popular se integra ao saber científico, preparando a comunidade escolar para atuar de forma ativa na proteção dos polinizadores e na conservação do semiárido.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, observa-se que embora a maioria dos estudantes afirme conhecer as abelhas de forma geral, esse conhecimento bastante é limitado quando o assunto são as espécies sem ferrão nativas da Caatinga. Isso evidencia que o conhecimento deles sobre esses polinizadores nativos da região ainda é superficial.

Os resultados demonstram a necessidade do estabelecimento de ações educação ambiental mais efetivas e em maior número focadas na valorização das abelhas nativas e da biodiversidade local, especialmente na Caatinga. Aproximar o que é ensinado nas salas de aulas da realidade do semiárido é um passo fundamental para ampliar a percepção ambiental dos jovens e estimular práticas reais de conservação desses polinizadores. Assim como políticas públicas afirmativas sobre a conservação e importância de nosso bioma e sua fauna.

Como os resultados refletem a realidade de uma amostra específica de alunos em uma única instituição de ensino, sugere-se a realização de novos estudos com maior alcance no município, além do desenvolvimento de projetos de intervenção pedagógica prática nas escolas da região que poderão contribuir para a melhoria do aprendizado dos alunos sobre as abelhas e a conservação dos recursos naturais da Caatinga.

Agradecimentos

A todos os alunos que voluntariamente participaram da consulta, bem como, a Professora Jéssica Lucena, e também a gestão da Escola Estadual ECI Clóvis Sátiro do município de Areia de Baraúnas por proporcionar momentos de educação ambiental aos seus alunos. Ao Programa de

Educação Tutorial (PET) - MEC/SESu, pela bolsa concedida aos dois primeiros autores, fundamentais para a realização deste trabalho e para a formação acadêmica.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. M. L. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 457-467, 2003.

ARAÚJO, A. L. *et al.* Qual a percepção dos discentes do ensino médio do IFPB Campus Patos sobre as abelhas? *In:* Congresso Nacional de Educação, VI, 2019. Fortaleza. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora 2019.

BRASIL, D. F.; GUIMARÃES-BRASIL. Principais recursos florais para as abelhas da Caatinga. **Scientia Agraria Paranaensis.** v. 7, n.2, p. 149-156, 2018.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MEDINA, L. M. et al. Diversidade, ameaças e conservação das abelhas nativas nos Neotrópicos. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.
FURTADO, J. M.; NOVAES, É. K. M. D. R. Conhecimento dos alunos do Ensino Médio de Barreirinhas (Maranhão) sobre abelhas melíponas. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 6, p. 1-24, 2025.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 59-62, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (org.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Edusp, 2012.

MACHADO-ORDUNHA, J.; MUCCI, G. M. F. Educação e serviços ambientais: a importância das abelhas na conservação e preservação da biodiversidade. **Revista Mythos**, v. 15, n. 1, p. 160-169, 2021.

MAIA-SILVA, C. *et al.* **Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga**. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão, 2012. 99 p.

MORAIS, T. D.; SILVA, R. F.; SOUZA, M. E. de. A meliponicultura como ferramenta pedagógica para a educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 145-158, 2024.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997.

PAIXÃO, G. P. G.; MARTÍNEZ, F. R. V. Análise da percepção dos estudantes do ensino médio da cidade do Rio de Janeiro sobre as abelhas: quanto realmente sabemos sobre elas? **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 13, n. 3, p. 263-274, 2018.

PAULA, M. V.; FREITAS, A. F. A. A percepção dos alunos sobre as abelhas nativas: relatos de uma experiência pedagógica. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 310-317, 2024.

SANTOS, A. B. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. **Natureza Online**, v. 8, n. 3, p. 103-106, 2010.

SANTOS, S. M. A. V. et al. Educação e sustentabilidade: promovendo a conscientização ambiental. **Revista Educação e Linguagem.** v. 12, n. 1, 2025.

SANTOS, M. J.; PINTO, L. S. Percepção ambiental de estudantes do ensino fundamental sobre a importância das abelhas. **Revista Prática Pedagógica**, v. 3, n. 1, p. 85-98, 2019.

SILVA, M. M. P.; SILVEIRA, J. A. A. Concepções de alunos do ensino fundamental sobre a biodiversidade de artrópodes. In: Encontro Regional de Ensino de Biologia, 6.; Encontro de Ensino de Biologia do Nordeste, 8., 2016, Maringá. **Anai**s... Maringá: SBEnBio, 2016. p. 4880-4889.

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M. S. C. As Abelhas como agentes polinizadores. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 8, n. 3, p. 1-7, 2007.

Informações sobre a Editora
Wissen Editora
Homepage: www.editorawissen.com.br
Teresina – Piauí, Brasil
E-mail: wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:
@wisseneditora

