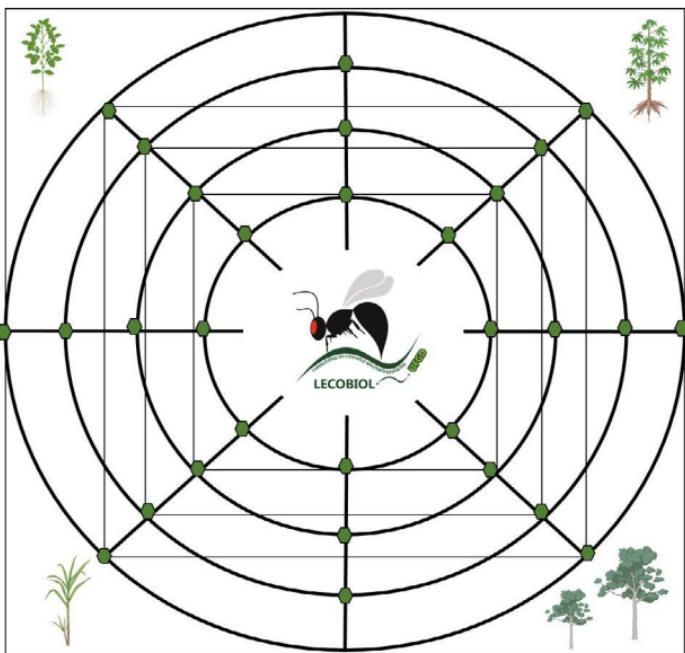




# Desvendando o manejo biológico de insetos em ambientes agrícolas e florestais

Fabrício Fagundes Pereira

# Desvendando o Manejo Biológico de Insetos em Ambientes Agrícolas e Florestais



Fabricio Fagundes Pereira



2025



## Universidade Federal da Grande Dourados Editora da UFGD

### Equipe

#### Coordenação Editorial

Marise Massen Frainer | Programadora Visual

#### Divisão Administrativa

Rafael Todescato Cavalheiro | Assit. Admin. | Chefe da Divisão  
Thais Gomes de Souza | T.A.E.

Gabriel Brandão de Azambuja Menezes Cavalheiro | Estagiário

#### Divisão Editorial

Programação Visual, Revisão e normalização bibliográfica

Cynara Almeida Amaral Piruk | Revisora | Chefe da Divisão

Maurício Lavarda do Nascimento | Programador Visual

Brainner de Castro Lacerda | Programador Visual

e-mail: **editora@ufgd.edu.br**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central UFGD

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P4361d	Pereira, Fabricio Fagundes. Desvendando o manejo biológico de insetos em ambientes agrícolas e florestais. / Fabricio Fagundes Pereira.– Dourados, MS : EDUFGD, 2025.  (Coleção Comemorativa aos 20 anos da UFGD; v.5). E-book (pdf). ISBN: 978-85-8147-217-1   1. Entomologia. 2. Controle biológico. 3. Insetos parasitoides. 4. Insetos predadores. I. Pereira, Fabricio Fagundes. II. Título.
--------	--

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitida a publicação parcial desde que citada a fonte.**



## SUMÁRIO

5	O autor
11	Agradecimentos
13	Prefácio
19	Por que existem tantos insetos ao nosso redor?
33	Insetos nocivos e/ou benéficos: uma questão de perspectiva
43	Controle biológico de insetos não é linear
67	O manejo biológico de insetos pode ser sistêmico
75	Parasitoides como conectores biológicos
85	Coleta, produção e desempenho biológico de parasitoides
143	Liberação de parasitoides em agroecos-sistemas
163	Estação Natural de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES)
169	Manejo biológico da broca-da-cana-de-açúcar com parasitoides



- 183 Manejo biológico do percevejo-da-soja com parasitoides
- 201 Manejo biológico do mandaravá-da-mandioca
- 211 Manejo biológico de lepidópteros desfolhadores e do psilídeo-de-concha em eucalipto
- 255 Grupo de Trabalho - Fitossanidade Florestal da Reflore/MS
- 267 Avanço do controle biológico no Mato Grosso do Sul, Brasil
- 279 Sistêmica Kovê e Bioinsecths, Startups concebidas na UFGD
- 287 Desafios e aprendizagens após 18 anos de docência e pesquisa na UFGD
- 295 Grupo de pesquisa Controle Biológico de Insetos (UFGD-CNPq)
- 303 Olhar sistêmico de um cientista visitante brasileiro no Canadá

# O AUTOR



**Fabricio Fagundes Pereira**, filho de Waldecy Alves Pereira e Doralice Lopes Fagundes Pereira, nasceu na cidade de Montanha, no estado do Espírito Santo, Brasil, em 11 de janeiro de 1977. Em março de 1992, ingressou no curso Técnico em Agropecuária da Escola Agrotécnica Federal de Colatina (EAFCOL), concluído em dezembro de 1994. Em agosto de 1995, iniciou o curso de Agronomia no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), concluindo-o em maio de 2001. Durante a graduação, entre março de 1998 e fevereiro de 2001, atuou como estudante de Iniciação Científica no Laboratório de Entomologia do CCA-UFES. Em março de 2001, ingressou no curso de Mestrado em Fitossanidade, com ênfase em Entomologia, no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife-PE, defendendo sua dissertação em fevereiro de 2004.



ro de 2003. Em agosto do mesmo ano, iniciou o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, concluindo-o com a defesa da tese em junho de 2006. No mês seguinte, deu início ao Pós-Doutorado no mesmo programa, finalizado em julho de 2007. Em agosto de 2007, foi aprovado como Professor Visitante do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), onde atuou até dezembro de 2008. Em 16 de dezembro de 2008, foi efetivado como Professor do Magistério Superior da UFGD. Atualmente, leciona as disciplinas de Entomologia Geral, Entomologia Agrícola e Atividades Complementares nos cursos de graduação em Biotecnologia e Agronomia. Nos cursos de Pós-Graduação em Agronomia e em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, ministra as disciplinas: Controle Biológico no Manejo Integrado de Pragas, Manejo de Insetos Florestais e Interações Parasitoide-Hospedeiro.

**Fabricio Fagundes Pereira** é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (Nível 1C). É sócio da Sociedade Entomológica do Brasil (SEB) e da Entomological Society of Canada (ESC), além de membro da Academia Brasileira de Ciência Agronômica (ABC). Atua como professor tutor de uma empresa de controle biológico criada por estudantes e registrada na Incubadora Empresarial e Tecnológica (GDTec) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Também é consultor ad hoc da SysFlor Certificações



Florestais (FSC-N002506) e parecerista de diversas agências de fomento à pesquisa, incluindo a CAPES, na área de Biodiversidade. Foi vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (2011–2013), além de vice-presidente da Comissão Organizadora do XIII SICONBIOL, realizado em Bonito (MS), em 2013. Atuou como coordenador do mesmo programa de pós-graduação entre outubro de 2015 e outubro de 2017. È professor permanente e orientador nos Programas de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (Conceito 4) e em Agronomia (Conceito 5), ambos da UFGD. Revisor de 23 periódicos científicos nacionais e internacionais indexados, já orientou 22 dissertações de mestrado, 16 teses de doutorado, supervisionou quatro pós-doutorados e coorientou outras três dissertações. È coordenador do Laboratório de Controle biológico de Insetos (LECOBIOL) ([www.lecobiol.com.br](http://www.lecobiol.com.br)). Sua experiência concentra-se na área de Agronomia, com ênfase em entomologia agrícola e florestal, atuando nos seguintes temas: biologia de insetos, controle biológico de pragas agrícolas (como *Plutella xylostella*, *Spodoptera frugiperda*, *Anticarsia gemmatalis*, *Diatraea saccharalis*, *Edessa meditabunda*, *Euschistus heros* e *Nezara viridula*) e florestais (como *Thyrinteina arnobia*, *Iridopsis panopla* e *Glycaspis brimblecombei*), com ênfase no uso de parasitoides das famílias Braconidae (*Cotesia flavipes*), Trichogrammatidae (*Trichogramma* spp.), Encyrtidae (*Oencyrtus submetallicus*), Eulophidae (*Palmistichus*



*elaensis*, *Trichospilus diatraeae* e *Tetrastichus howardi*) e, mais recentemente, com o predador *Chrysoperla externa*. É autor de 117 artigos científicos em periódicos indexados nacionais e internacionais, um livro, seis capítulos de livro e 119 trabalhos apresentados em eventos científicos. Coordenou 12 projetos de pesquisa com financiamento — nove por instituições públicas e três pela iniciativa privada. No cenário internacional, estabeleceu parceria com o Dr. Vladimir E. Gokhman, resultando na publicação: Gokhman, V. E.; Pereira, F. F.; Costa, M. A. (2017). A cytogenetic study of three parasitic wasp species (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eulophidae, Trichogrammatidae) from Brazil using chromosome morphometrics and base-specific fluorochrome staining. Comparative Cytogenetics. Em 2023, foi condecorado com o segundo lugar na categoria Pesquisador Destaque – Ciências da Vida no Prêmio Fundect Pesquisador Sul-Mato-Grossense. O prêmio é concedido a cada dois anos pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect), reconhecendo pesquisadores que promovem o avanço científico e tecnológico do estado. A cerimônia foi realizada em 18 de dezembro, no auditório da UEMS – Campus Campo Grande. Em setembro de 2023, integrou a comissão organizadora do evento internacional “Novel and Classical Strategies to Manage Forest Health in Plantations”, ocorrido em Campo Grande (MS), Brasil. <https://eventos.galoa.com.br/secondeufrowpmeeting/page/2462-home>. È associado a AEAGRAN - Associação



dos Engenheiros Agrônomos da Grande Dourados. É membro da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e da Organização Internacional para o Controle Biológico de Plantas e Animais Nocivos (IOBC-NTRS). Sócio da Sociedade Entomológica do Brasil - SEB e da Entomological Society of Canada (ESC). Membro da Academia Brasileira de Ciência Agronômica (ABCA). Visiting Scientist no Laurentian Forestry Centre em Québec, Canadá, durante seu ano sabático (agosto de 2024 a julho de 2025).





## AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão ao Pai Celestial e aos meus anjos, à minha família, especialmente à minha esposa Carla Cristina Oliveira de Ávila, aos meus filhos Rudá Cézar Oliveira Fagundes e Ravi Victor Oliveira Fagundes, ao meu pai Waldecy Alves Pereira, à minha mãe Doralice Lopes Fagundes Pereira *in memoriam*, ao meu irmão Cristiano Fagundes Pereira, à minha sogra Jany Aparecida Oliveira de Ávila, aos insetos parasitoides que tanto estudo e admiro, a meus professores, orientadores e supervisores, de maneira especial, Dirceu Pratissoli, Reginaldo Barros, José Cola Zanuncio e Christian Hébert, aos membros do Grupo de Pesquisa Controle Biológico de Insetos e aos amigos, com destaque para Alex Polatto Carvalho, André Pessoa da Costa, Carlos Reinier Garcia Cardoso, Fernando Henrique Moreira dos Santos, Harley Ntonato de Oliveira, Heloísa Martins de Araújo, Izabella de Lima Palombo, Marcos Gino Fernandes, Samir Oliveira Kassab e Valéria Freitas Chaves, à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), à Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) e à Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) -, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FUNAEPE), ao Labo-



ratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL), às empresas de controle biológico Sistêmica Kovê, Bioinsecths, Vittia, Koppert e Agropure, a Agropartners, à Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (REFLORE-MS), ao Laurentian Forestry Centre (LFC)-Natural Resources Canada (NRCan) e à Université Laval (UL), que, juntos, não apenas me acolheram, mas também deram profundo significado tanto pessoal quanto profissional à minha existência, transformando minha trajetória em uma verdadeira missão compartilhada.

# PREFÁCIO



É com satisfação que prefaciamos esta obra, que tem por objetivo compartilhar com profissionais ligados direta ou indiretamente à Ciência Agronômica e com demais leitores e curiosos sobre conceitos básicos e aplicados que fundamentam o controle biológico de pragas da agricultura. Acreditamos ainda que, o autor, a partir de experiências vividas, ideias, pensamentos, procurou ir mais além ao se apropriar, de forma devida, desse cabedal técnico-científico, estimular e convidar a todos para participarem da construção de um pensamento que agregue ideias férteis favoráveis e capazes de construir, de forma continuada, nos diversos ambientes agronômicos, ações propositivas que permitam desvendar o manejo biológico de insetos em ambientes agrícolas e florestais.

É importante registrar que essa brilhante iniciativa foi originária da Editora da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), que selecionou um grupo de professores, incluindo, de forma merecida, o Professor Fabricio Fagundes Pereira, para a produção de obras sobre suas respectivas trajetórias acadêmicas. Os livros integram uma coleção de 20 títulos, com previsão para ser lançada em comemoração aos 20 anos da UFGD, em julho de 2025.

Inicialmente, por ser oportuno, mencionamos que a relação entre os seres humanos e os insetos é marcada por uma dualidade fascinante: enquanto algumas espécies são vistas como pragas, responsá-



veis por prejuízos econômicos significativos, outras desempenham papéis ecológicos fundamentais, atuando como polinizadores, decompositores e agentes de controle biológico.

Nesse contexto, o desafio de equilibrar a produção agrícola e florestal com a conservação dos ecossistemas exige abordagens inovadoras e sustentáveis. É nesse cenário que o livro *Desvendando o Manejo Biológico de Insetos em Ambientes Agrícolas e Florestais*, do professor Fabricio Fagundes Pereira, insere-se como uma contribuição essencial para pesquisadores, estudantes, técnicos e produtores rurais.

Com uma trajetória de 18 anos dedicados ao estudo da entomologia e ao controle biológico, o autor nos conduz por uma jornada que vai desde os fundamentos evolutivos e ecológicos dos insetos até as aplicações práticas do manejo biológico. Assim esta obra é composta por capítulos descritos em linguagem didática e acessível, dispostos de forma lógica e cronologicamente interligados, mantendo fortemente o devido rigor científico. Não reúne apenas conhecimentos dispersos provenientes de artigos científicos, mas apresenta relatos de experiências reais, vividas e desenvolvidas no Mato Grosso do Sul, que demonstram, de forma bastante segura, a viabilidade e os benefícios da utilização de parasitoides e de outros agentes biológicos no manejo populacional de insetos agrícolas e florestais.

Nos primeiros capítulos, o leitor é apresentado à incrível diversidade e à adaptabilidade dos insetos,



compreendendo por que são tão bem-sucedidos em diferentes ambientes. Em seguida, o autor desmistifica a visão simplista que categoriza todos os insetos como inimigos, destacando sua importância nos diferentes ambientes. Um dos grandes méritos desta obra é a proposta do manejo biológico sistêmico, uma abordagem integrada que considera as complexas interações entre plantas, herbívoros, parasitoides, predadores e microrganismos, adaptando-se às particularidades de cada sistema produtivo.

Ressalta-se, ainda, que o autor não se limita à teoria: ele compartilha protocolos, resultados de pesquisas e estratégias práticas, como a criação de áreas de refúgio e as Estações Naturais de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES), que podem ser perfeitamente implementadas por produtores rurais e silvicultores.

Além disso, o livro aborda temas relevantes para o agronegócio brasileiro, como o manejo da broca-da-cana-de-açúcar, do percevejo-da-soja, do mandaravá-da-mandioca e de insetos florestais, mostrando como a ciência pode ser aplicada em benefício da produção sustentável. A discussão sobre políticas públicas, como o Programa Estadual de Sanidade Florestal de Mato Grosso do Sul e a Lei Nacional de Bioinsumos, reforça a importância da articulação entre pesquisa, setor produtivo e governo.

Por fim, o autor compartilha sua trajetória pessoal e profissional, desde a formação do Grupo de Pesquisa Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL/UFGD)



até a criação de startups como a Sistêmica Kovê e a Bioinsecths, que traduzem conhecimento científico em soluções inovadoras para o campo. Encerra com os capítulos retratando sua intensa e bem sucedida atuação junto à UFGD e mais recentemente relatando o olhar sistêmico de um cientista visitante brasileiro no Canadá.

Sua reflexão sobre os desafios globais e a necessidade de um novo paradigma de coexistência entre produção e conservação encerra a obra com um chamado à ação: a sustentabilidade não é uma opção, mas uma urgência.

Importante ressaltar que o autor não tem a pretensão de substituir termos consagrados como Controle Biológico, mas demonstrar que manejo biológico pode ser uma expressão complementar, pois as ações, as interações e os desdobramentos do uso de agentes de controle biológico estão fortemente conectados ao manejo integrado de pragas.

Desvendando o Manejo Biológico de Insetos em Ambientes Agrícolas e Florestais é, portanto, mais do que um livro técnico — é um convite e uma provocação à reflexão e à transformação. Que esta obra inspire novos pesquisadores, fortaleça a agricultura sustentável e contribua para um futuro em que a harmonia entre humanos e natureza seja não apenas possível, mas prioritária.

Espera-se que este livro estimule estudantes, pesquisadores, alunos de graduação e pós-graduação, bem como demais pessoas interessadas em conheci-



mentos básicos de controle biológico, visando superar desafios e acelerar a transição para uma agricultura sustentável com robusta sintonia e proximidade com o apelo das Nações Unidas pela sustentabilidade, aproximando-se, sem se distanciar das peculiaridades regionais, dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

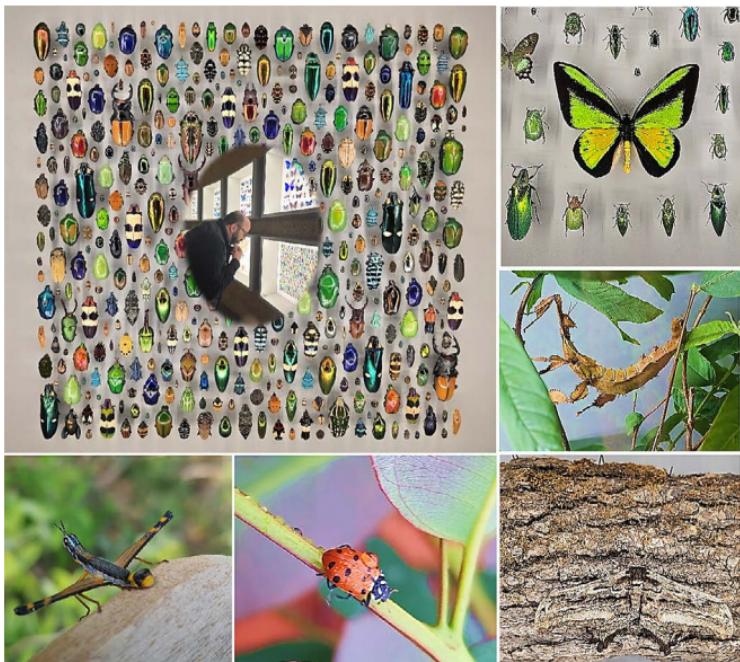
*Reginaldo Barros  
Professor Titular aposentado da UFRPE  
Ex-Professor visitante da UFRB  
Vice-Presidente da Academia Brasileira  
de Ciência Agronômica*





# CAPÍTULO 1

POR QUE EXISTEM  
TANTOS INSETOS  
AO NOSSO REDOR?



**Figura 01.** Ilustração da diversidade de insetos com diferentes formas, cores e adaptações.

Os insetos habitam o planeta Terra há aproximadamente 479 milhões de anos (Misof *et al.*, 2014), enquanto o ser humano está presente há apenas cerca de 2,8 milhões (Antón *et al.*, 2014). Portanto, temos muito a aprender com essas criaturas fascinantes e a conviver com elas. A longa trajetória evolutiva dos insetos, marcada por transformações e adaptações, permitiu que se mantivessem em um ambiente em constante mudança, tornando-os um dos grupos de organismos mais bem-sucedidos e dominantes do planeta (Figura 01) (Gullan; Cranston, 2017).

Equilibrar, de forma sustentável, as populações da Classe Insecta, especialmente quando causam im-



pactos negativos nos ambientes urbanos, agrícolas e florestais, bem como na saúde humana e animal, ao mesmo tempo em que se preservam as espécies, é uma demanda premente para a manutenção da vida no planeta.

De maneira geral, os insetos apresentam diferentes tamanhos e formas ao longo de seu ciclo de vida, podendo passar por diferentes fases como: ovo, lagarta (ou larva), pré-pupa, pupa e adulto; ou ovo, ninfa e adulto. Além disso, podem ocupar diferentes habitats em cada fase do ciclo. Essa característica representa uma vantagem evolutiva significativa, pois facilita a busca por abrigo e alimento, além de favorecer o escape principalmente de inimigos naturais e de condições climáticas adversas (Johnson *et al.*, 2015).

Insetos têm pequeno tamanho e podem ser transportados pelo vento, aderir a animais e se espalhar rapidamente para novos ambientes, facilitando sua dispersão. Por necessitarem de pouca energia e alimento para se desenvolverem e se reproduzirem, conseguem habitar uma ampla variedade de locais — como folhas, solo, madeira, água doce e até mesmo o interior de outros organismos. “Uma migalha de pão, uma gota de água ou uma pequena pedra podem representar alimento, saciar a sede ou servir de abrigo para os insetos, respectivamente.”

O tamanho reduzido dos insetos também facilita a produção de milhares de ovos, garantindo a sobrevivência das espécies mesmo sob forte pressão de predação. Insetos pequenos conseguem se esconder fa-



cilmente em fendas, troncos e subsolo para evitar seus predadores. Esse pequeno porte não é apenas uma consequência evolutiva, mas uma grande vantagem adaptativa que assegurou a diversidade e o domínio desse grupo em praticamente todos os ecossistemas do planeta. Eles sobreviveram a múltiplos eventos de extinção em massa e continuam se adaptando com rapidez (Grimaldi; Engel, 2005).

O exoesqueleto dos insetos é uma estrutura rígida e resistente que reveste todo o corpo desses organismos, proporcionando suporte, proteção e flexibilidade. Composto principalmente por quitina — um polissacarídeo durável — e por proteínas associadas, o exoesqueleto está organizado em camadas, sendo a mais externa conhecida como epicutícula (impermeável e protetora), e a mais interna, como endocutícula (mais flexível e elástica). Essa estrutura é uma das principais razões para o sucesso evolutivo dos insetos, pois permite a colonização de praticamente todos os ambientes terrestres. Além disso, o exoesqueleto possui estruturas sensoriais, como cerdas e poros, que auxiliam na percepção de estímulos externos, incluindo temperatura, vibrações e substâncias químicas (Gullan; Cranston, 2017).

Os insetos desenvolveram mecanismos para enfrentar mudanças ambientais desfavoráveis, como temperaturas extremas, escassez de alimento e períodos de seca. Entre esses mecanismos, destacam-se a diapausa e a quiescência. A diapausa é um estado de dormência fisiológica antecipada e geneticamente



programada, que ocorre mesmo antes que as condições ambientais se tornem totalmente adversas. Ela é regulada por sinais sazonais, como o fotoperíodo e a temperatura. Um exemplo é o bicho-da-seda *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae), que entra em diapausa na fase de ovo para sobreviver ao inverno (Lees, 1955).

Insetos sociais apresentam divisão de trabalho e cooperação entre indivíduos, o que aumenta a eficiência e o sucesso das colônias. Esse comportamento é especialmente evidente em abelhas, formigas, vespas e cupins. A especialização em castas — como rainha, operárias e soldados — permite que cada grupo desempenhe funções específicas, otimizando os recursos da colônia de insetos. Essa organização favorece a defesa coletiva, o cuidado com a prole e a busca eficiente por alimento. Trata-se de um excelente exemplo de sucesso na divisão do trabalho, conferindo maior eficiência na busca por alimentos. Alguns indivíduos atuam como verdadeiros operários, dedicando-se exclusivamente à coleta e à exploração de recursos, garantindo um suprimento constante. Outros são responsáveis pela proteção da colônia contra predadores. Dessa forma, essa organização social facilita a defesa coletiva, o que pode aumentar significativamente as chances de sobrevivência (Gullan; Cranston, 2017).

Observa-se, também, o cuidado cooperativo com a prole, o que eleva a taxa de sobrevivência dos indivíduos em fase jovem, assegurando o crescimento da colônia. Ademais, a comunicação eficiente entre os



membros permite ajustes rápidos frente a mudanças ambientais, como escassez de recursos ou ataques de inimigos. As colônias de insetos sociais são capazes de construir ninhos altamente sofisticados, capazes de regular temperatura e umidade relativa do ar, o que favorece o desenvolvimento das crias. Assim, a organização social tem sido fundamental para que insetos eusociais colonizassem diversos ecossistemas, tornando-se grupos ecologicamente dominantes. A sociabilidade é, portanto, um dos fatores-chave do sucesso evolutivo desses organismos, permitindo que suas colônias sejam notavelmente eficientes e resilientes (Johnson *et al.*, 2015).

Além disso, os insetos possuem a capacidade de se deslocar rapidamente para novos ambientes, evitando a competição e explorando novos nichos ecológicos. São capazes de acessar fontes de alimento em locais elevados ou isolados, inacessíveis para organismos estritamente terrestres. O voo, nesse sentido, permite que encontrem recursos alimentares com agilidade e precisão. Algumas espécies, como as abelhas, percorrem longas distâncias em busca de néctar e pólen (Rafael *et al.*, 2024).

O voo também possibilita respostas rápidas diante de ameaças, reduzindo o risco de predação. Certas espécies realizam manobras evasivas extremamente eficazes, dificultando a ação de predadores. Insetos voadores podem ainda encontrar parceiros reprodutivos em áreas distantes, o que favorece a variabilidade genética. Por fim, o transporte de ovos ou larvas para



locais mais propícios ao desenvolvimento contribui para a expansão territorial e a colonização de novos ambientes (Rafael *et al.*, 2024).

Em situações de mudanças drásticas no ambiente, os insetos têm a capacidade de migrar para locais mais adequados, garantindo a sobrevivência da espécie — como ocorre, por exemplo, com as borboletas-monarca. Polinizadores, como abelhas e borboletas, são essenciais para a reprodução de inúmeras espécies vegetais, contribuindo significativamente para o equilíbrio ecológico. Além disso, diversas espécies voadoras atuam na dispersão de sementes, favorecendo a regeneração de ambientes florestais. Alguns insetos utilizam o voo para realizar comportamentos específicos, como a caça em pleno ar — a exemplo das libélulas. O voo também possibilita migrações sazonais, garantindo a sobrevivência durante períodos de escassez (Buzzi *et al.*, 2013). Essa capacidade é, portanto, mais um fator que torna os insetos um dos grupos de animais mais bem-sucedidos do planeta.

Os insetos apresentam tanto reprodução sexual quanto assexuada, o que lhes confere flexibilidade adaptativa diante de diferentes condições ambientais. Algumas espécies são capazes de alternar entre esses dois modos reprodutivos, de acordo com a disponibilidade de parceiros ou de recursos. Muitos possuem ciclos de vida curtos e produzem um elevado número de descendentes, assegurando a manutenção populacional mesmo em contextos adversos — característica que favorece sua rápida expansão. A partenogênese



(reprodução sem fecundação), comum em pulgões e abelhas, permite a colonização acelerada de novos habitats. O desenvolvimento indireto, com metamorfose completa, possibilita que larvas e adultos ocupem diferentes nichos ecológicos, reduzindo a competição entre estágios de vida. A poliembrionia — fenômeno em que um único embrião origina múltiplos indivíduos idênticos —, típica de certos parasitoides, aumenta a eficiência reprodutiva com menor investimento em ovos (Gullan; Cranston, 2017).

Adicionalmente, determinadas populações de insetos com elevada diversidade genética têm maior capacidade de adaptação a mudanças ambientais, variações nos recursos disponíveis e alterações climáticas. Essa variabilidade genética também se reflete em características morfológicas e fisiológicas diversas, dificultando a ação de predadores e parasitoides especializados. Em algumas populações de insetos, observa-se, ainda, o desenvolvimento de resistência a agentes entomopatogênicos, o que favorece a continuidade da espécie.

Ademais, a alta taxa de mutações, aliada à reprodução em larga escala, favorece a seleção natural, permitindo que determinadas populações evoluam rapidamente e criem resistência a defensivos agrícolas e outras pressões seletivas. Esse é um dos motivos pelos quais insetos considerados “pragas agrícolas” frequentemente desenvolvem resistência a diferentes produtos químicos em um curto período de tempo (Gallo *et al.*, 2002). A diversidade genética também



promove o surgimento de indivíduos com diferentes preferências alimentares, facilitando a ocupação de novos nichos ecológicos e reduzindo a competição intraespecífica.

Por fim, os insetos são verdadeiros mestres na arte de se esconder e enganar. Eles utilizam estratégias evolutivas sofisticadas, como a camuflagem e o mímismo, essenciais para sua sobrevivência. Essas adaptações lhes permitem evitar predadores, capturar presas e garantir sucesso reprodutivo em ambientes diversos.

A camuflagem é a habilidade que os insetos têm de se parecer com o ambiente, tornando-se visualmente imperceptíveis para predadores e presas. Muitos insetos apresentam cores que imitam folhas, galhos, cascas de árvore, areia e até rochas. O bicho-pau (*Phasmatodea*) e o bicho-folha (*Phyllidae*) são exemplos notáveis. Os padrões de cores quebram o contorno do corpo do inseto, dificultando sua visualização por seus predadores. As borboletas e as mariposas frequentemente apresentam manchas que imitam olhos ou cores que confundem o predador. Algumas espécies, como o louva-a-deus, podem ajustar sua coloração de acordo com o ambiente, semelhante ao camaleão. Um inseto inofensivo imita a aparência de um inseto perigoso ou tóxico, por exemplo, a mosca-de-flores (*Syrphidae*) imita as cores de uma abelha ou de uma vespa para afastar predadores. Duas ou mais espécies tóxicas ou perigosas desenvolvem uma aparência semelhante para reforçar o aviso aos predadores, as borboletas do gênero *Heliconius* Kluk,



1802 (Nymphalidae), compartilham padrões de cores vibrantes para indicar toxicidade. O inseto imita partes do corpo de outros animais ou objetos naturais para se defender. Algumas mariposas têm manchas semelhantes a olhos de coruja em suas asas para assustar predadores (Gullan; Cranston, 2017).

Essas estratégias não são apenas curiosidades evolutivas, mas também desempenham um papel fundamental no equilíbrio ecológico. Ao evitar a predação, os insetos asseguram sua sobrevivência, participando ativamente de funções como polinização, decomposição e herbivoria, importantes serviços ecossistêmicos (Constantino, 2024). A camuflagem e o mimetismo ilustram o poder da seleção natural, mostrando como pequenos organismos podem desenvolver soluções engenhosas para sobreviver em um mundo repleto de desafios.

Os insetos possuem um dos sistemas sensoriais mais sofisticados do reino animal. Para sobreviver, encontrar alimento, reproduzir e escapar de predadores, eles utilizam uma combinação de órgãos altamente especializados e uma complexa rede de comunicação química. Esses mecanismos permitem que eles percebam o ambiente de maneira extremamente sensível e respondam de forma eficiente aos estímulos ao seu redor. O sistema sensorial dos insetos é composto por estruturas especializadas como antenas, olhos compostos, órgãos timpânicos e cerdas, que detectam uma ampla gama de estímulos, incluindo luz, som, vibração, toque, temperatura e substâncias químicas (Gullan; Cranston, 2017).



A comunicação química é uma das formas mais fundamentais de interação entre os insetos. Eles utilizam semioquímicos, que incluem feromônios, substâncias químicas produzidas para comunicação de maneira geral entre indivíduos da mesma espécie, como exemplo de reprodução, alerta, reconhecimento e trilha. Já os alomônios, cairomônios e alomônios são substâncias químicas que influenciam indivíduos de diferentes espécies como, por exemplo, plantas, insetos herbívoros, predadores e parasitoides, para transmitir principalmente informações sobre reprodução, território, perigo e cooperação social (Wajnberg; Colazza, 2013).

Essas características fazem dos insetos um dos grupos mais versáteis da Terra, permitindo que se adaptem rapidamente a mudanças ambientais e dominem praticamente todos os ambientes naturais, urbanos, agrícolas e florestais. O que mais me intriga é como os insetos, seres tão pequenos, comportam-se como gigantes de maneira invisível e silenciosa, um verdadeiro exemplo de humildade e coletividade. Eles ensinam lições que poucos percebem. Caminham discretos sob nossos pés, alçam voo sem alarde e, ainda assim, moldam ecossistemas inteiros. Invisíveis aos olhos apressados, são os verdadeiros arquitetos da natureza, transformando a terra, polinizando flores, decompondo o que se desfaz para dar origem ao novo.

Eles não gritam sua importância, não buscam reconhecimento. Apenas cumprem seu papel com disciplina e precisão, como gigantes invisíveis equilibrando



biologicamente o planeta. São mestres da humildade, pois, apesar de sua grandeza ecológica, vivem sem ostentação, dissolvidos no cenário da vida, sempre presentes, mas raramente notados.

## REFERÊNCIAS

- ANTÓN, S. C.; POTTS, R.; AIELLO, L. C. Evolution of early Homo: An integrated biological perspective. **Science**, v. 345, n. 6192, p. 1236828, 2014.
- BUZZI, Z. J. **Entomologia didática**. 6. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2013. 579 p.
- CONSTANTINO, R. A importância dos insetos. In: RAFAEL, J. A. et al. (Ed.). **Insetos do Brasil**: diversidade e taxonomia. 2. ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024. cap. 5, p. 109-113. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464c05>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GRIMALDI, D. A.; ENGEL, M. S. **Evolution of the insects**. 1. ed. New York: Cambridge University Press, 2005.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Insetos**: fundamentos da entomologia. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.
- JOHNSON, N. F.; TRIPLEHORN, C. A. **Estudo dos insetos**: tradução da 7<sup>a</sup> edição de Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- LEES, A. D. **The physiology of diapause in arthropods**. 1. ed. London: Cambridge University Press, 1955. 151 p.



MISOF, B. et al. Phylogenomics resolves the timing of insect evolution. **Science**, v. 346, n. 6210, p. 763-767, 2014.

RAFAEL, J. A. et al. (Ed.). **Insetos do Brasil**: diversidade e taxonomia. 2. ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024. 880 p. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464c05>. Acesso em: 16 jun. 2025.

WAJNBERG, E.; COLAZZA, S. **Chemical ecology of insect parasitoids**. 1. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013. 312 p. DOI: 10.1002/9781118409589.





# CAPÍTULO 2

**INSETOS NOCIVOS  
E/OU BENÉFICOS:  
UMA QUESTÃO  
DE PERSPECTIVA**



Figura 01. Espécimes de insetos benéficos ou nocivos “Eis a questão”.

<sup>1</sup>De modo geral, considera-se praga qualquer animal, planta ou microrganismo cuja densidade populacional aumenta a ponto de causar prejuízos à saúde humana ou animal, bem como aos ambientes naturais, agrícolas e florestais. No entanto, é pertinente questionar se as espécies devem ser constantemente categorizadas dessa forma (Figura 01) (Bellon *et al.*, 2013).

Formigas, por exemplo, são frequentemente temidas em ambientes urbanos, mas desempenham um papel essencial nos ecossistemas naturais. Junto com os cupins, representam uma parcela significativa da biomassa em áreas de vegetação aberta e florestas, atuando como consumidores primários e decompósitos. Além disso, suas atividades de construção de ninhos e galerias no solo promovem a redistribuição de nutrientes e influenciam propriedades do solo, como aeração, de maneira similar às minhocas (Gullan; Cranston, 2017). Além de sua função ecoló-

<sup>1</sup> Texto elaborado a partir de discussões na disciplina de Controle Biológico em Manejo Integrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia e do Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). BELLON, P. P.; GAVA-OLIVEIRA, M. D.; ANTIGO, M. R.; PEREIRA, F.F.; FERNANDES, M. G. **Nem sempre vilões**. A Lavoura (Rio de Janeiro). v.696, p.48 - 49, 2013.



gica, muitos insetos são parte fundamental da teia alimentar e podem servir como fonte alimentar para diferentes organismos, incluindo outros artrópodes, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Mesmo espécies consideradas pragas, como a lagarta-parda-do-eucalipto *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) (Lemes; Zanuncio, 2022; Pereira, 2023), têm um papel ecológico relevante quando não estão em surtos populacionais descontrolados.

Outro papel fundamental dos insetos é a polinização: estima-se que 80% das plantas com flores dependem deles para reprodução. Além disso, os insetos são bioindicadores ambientais, pois sua presença, ausência, distribuição e densidade podem revelar a qualidade dos ecossistemas e a presença de contaminantes no ar, no solo e na água. Eles também desempenham um papel essencial nos ciclos biogeoquímicos, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica e para o equilíbrio natural de populações de insetos herbívoros em ambientes agrícolas e florestais. Somado a isso, insetos são utilizados na produção de mel, cera, na polinização, na alimentação humana e animal, na pesca comercial e esportiva, entre outros (Constantino, 2024).

Atualmente, cerca de um milhão e cem mil espécies de insetos já foram descritas pela ciência (Rafael *et al.*, 2024), mas estimativas indicam que o número total pode variar entre cinco e dez milhões, evidenciando o grande desconhecimento sobre essa



biodiversidade. Dentro das espécies conhecidas de insetos, apenas cerca de 10% possuem potencial para se tornarem pragas (Gallo *et al.*, 2002). Com aproximadamente 497 milhões de anos de existência (Misof *et al.*, 2014), os insetos desenvolveram mecanismos de sobrevivência e reprodução altamente eficazes. Comparados aos seres humanos, cuja história evolutiva tem cerca de dois milhões de anos, eles possuem uma vantagem de aproximadamente 495 milhões de anos. Esse longo processo evolutivo resultou em um alto potencial biótico e uma grande capacidade de adaptação e dispersão, permitindo que invistam energia na reprodução e na colonização de novos ambientes (Gullan; Cranston, 2017).

Entretanto, as populações de insetos, em condições naturais, não crescem exponencialmente devido a fatores limitantes como competição intra e interespecífica, condições climáticas adversas, disponibilidade de alimento, migração e equilíbrio biológico promovido por seus inimigos naturais, como predadores, parasitoides e entomopatógenos (fungos, bactérias, vírus e nematoides).

A diferença entre ecossistemas naturais e artificiais, como cultivos agrícolas, reflorestamentos e pastagens, ajuda a explicar o surgimento das pragas. O cultivo extensivo de uma única espécie vegetal em grandes áreas facilita o acesso dos insetos herbívoros a uma fonte abundante, contínua e concentrada de alimento, ao contrário do que ocorre na natureza, onde os recursos são mais dispersos. Além disso, a simplificação dos



ecossistemas naturais e a eliminação da vegetação nativa favorecem o aumento da densidade populacional de insetos, uma vez que essas áreas fornecem abrigo e alimento para seus inimigos naturais (Altieri, 1999). A introdução de espécies vegetais exóticas também pode contribuir para o surgimento de pragas, pois esses cultivos podem ser atacados por insetos que, antes, alimentavam-se de plantas nativas. A introdução de insetos em regiões onde não são endêmicos pode resultar em sua adaptação aos cultivos agrícolas locais, o que, somado à ausência de inimigos naturais, pode transformar organismos antes inofensivos em pragas (Sá *et al.*, 2021).

Dessa forma, os insetos podem ser tanto benéficos quanto nocivos, dependendo do ambiente, da densidade populacional e das interações com outros organismos. Independentemente dessa dualidade, cabe aos seres humanos buscar um equilíbrio no manejo das populações dessas espécies, respeitando sua importância ecológica e reconhecendo que nossa dependência dos insetos é muito maior do que a deles em relação a nós.

No agroecossistema, algumas espécies de insetos desempenham um papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecológico, sendo conhecidas como espécies-chave. Esses insetos influenciam diretamente a estrutura e o funcionamento do ambiente agrícola, podendo atuar como herbívoros, polinizadores, predadores, parasitoides ou decompositores (Constatino, 2024).



Uma espécie-chave de inseto herbívooro nos plantios de eucalipto é conhecida como *T. arnobia*. Essa lagarta é um desfolhador importante do eucalipto, podendo causar grandes prejuízos quando sua população cresce descontroladamente (Pereira, 2023, Lucchetta *et al.*, 2022). No entanto, sua ausência completa também seria prejudicial, pois ela desempenha um papel essencial no equilíbrio ecológico. *Thyrinteina arnobia* faz parte da teia alimentar e serve como presa ou hospedeiro para diversas espécies de predadores e parasitoides, como vespas das famílias Eulophidae, Ichneumonidae e Braconidae, além de aves e aranhas. A eliminação total da lagarta poderia reduzir a diversidade e a eficácia dos seus inimigos naturais, causando outros desequilíbrios ecológicos, abrindo espaços para outras espécies ocuparem e atingirem a condição de praga com maior facilidade e dificuldade de controle. A presença de herbívoros como *T. arnobia* contribui para a dinâmica de reciclagem de nutrientes no agroecossistema. Seus excrementos e restos de tecido vegetal decomposto enriquecem o solo, influenciando a microbiota e promovendo o crescimento saudável da vegetação. Surtos populacionais dessa lagarta geralmente indicam problemas no manejo da plantação, como a falta de inimigos naturais devido ao uso excessivo de inseticidas sinéticos de amplo espectro ou o plantio contínuo de monoculturas, susceptibilidade das árvores devido ao estresse hídrico e nutricional, aliado obviamente às condições climáticas favoráveis. Portanto, *T. arnobia*



é um exemplo de como um inseto herbívooro pode ser tanto um problema quanto um componente essencial no equilíbrio do agroecossistema.

Outro exemplo de espécie-chave é a joaninha *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae). As joaninhas são predadores naturais de pulgões, cochonilhas e ácaros. Sua presença nos agroecossistemas ajuda a regular populações de insetos que podem causar danos às culturas, reduzindo a necessidade de inseticidas sintéticos e promovendo o controle biológico natural. Apesar dos benefícios da *H. axyridis*, sua introdução trouxe desafios ecológicos, como a competição com espécies nativas e o potencial impacto sobre a biodiversidade local (Roy *et al.*, 2016).

Outros insetos desempenham funções essenciais: Abelhas (Hymenoptera: Apidae) polinizam inúmeras culturas agrícolas, aumentando a produtividade e a qualidade dos frutos. Vespas parasitoides (Hymenoptera: Ichneumonidae, Braconidae, Eulophidae, Encyrtidae, Trichogrammatidae) regulam populações de insetos ao parasitarem ovos, larvas e pupas de insetos considerados prejudiciais. Tisanópteros predadores (Thysanoptera: Aeolothripidae) alimentam-se de trípes fitófagos e outras artrópodes-praga (Venzon *et al.*, 2001). O manejo sustentável do agroecossistema deve levar em consideração a preservação dessas espécies-chave, garantindo um ambiente equilibrado e produtivo.



Mas o que realmente define uma praga? Para que um inseto seja classificado como praga, ele precisa: 1. Ter uma população alta o suficiente para causar danos significativos; 2. Provocar prejuízos à economia, à ecologia ou à saúde; 3. Não estar sob equilíbrio natural dentro do agroecossistema. Mesmo dentro dessas condições, o status de praga pode ser temporário. Uma mesma espécie pode ser inofensiva em determinado local e causar prejuízos em outro, dependendo principalmente das condições ambientais e da presença de seus inimigos naturais.

Categorizar uma espécie vegetal ou animal, especialmente artrópodes, dentre eles os insetos, permanentemente como praga, é errôneo e ignora a complexidade das interações ecológicas. O status de “praga” pode ser considerado como antropocêntrico, econômico e artificial. Certas populações podem deixar de ser problemáticas com mudanças no manejo agrícola, no clima ou na dinâmica populacional de seus predadores naturais. Por isso, o ideal é adotar uma abordagem integrada e dinâmica, considerando o monitoramento das populações das espécies, o equilíbrio biológico natural, o sistema de produção local, regional e as condições climáticas, antes de classificar um organismo como praga de maneira definitiva.

## REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1, p. 19-31, 1999.



BELLON, P. P. et al. Nem sempre vilões. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 696, p. 48-49, 2013.

CONSTANTINO, R. A importância dos insetos. In: RAFAEL, J. A. et al. (Ed.). **Insetos do Brasil**: diversidade e taxonomia. 2. ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024. cap. 5, p. 109-113. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464c05>. Acesso em: 16 jun. 2025.

GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Insetos**: fundamentos da entomologia. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.

LEMES, P. G.; ZANUNCIO, J. C. **Novo manual de pragas florais brasileiras**. 1. ed. Montes Claros: [s.n.], 2021. 996 p.

LUCCHETTA, J. T. et al. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in *eucalyptus* (Myrtaceae). **The Canadian Entomologist**, v. 154, 2022. DOI: 10.4039/tce.2022.10.

MISOF, B. et al. Phylogenomics resolves the timing of insect evolution. **Science**, v. 346, n. 6210, p. 763-767, 2014.

PEREIRA, F. F. Controle biológico de lagartas desfolhadoras. **Opiniões**, v. 20, p. 68-69, 2023.

RAFAEL, J. A. et al. Apresentação: a diversidade de insetos no Brasil. In: RAFAEL, J. A. et al. (Ed.). **Insetos do Brasil**: di-



versidade e taxonomia. 2. ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024. p. x-xii.

ROY, H. E. et al. *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. **BioControl**, v. 61, p. 1-21, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9718-8>. Acesso em: 16 jun. 2025.

SÁ, L. A. N. et al. Apoio à prevenção, monitoramento e controle de ingresso de pragas quarentenárias florestais no território brasileiro. In: LEMES, P. G.; ZANUNCIO, J. C. (Ed.).

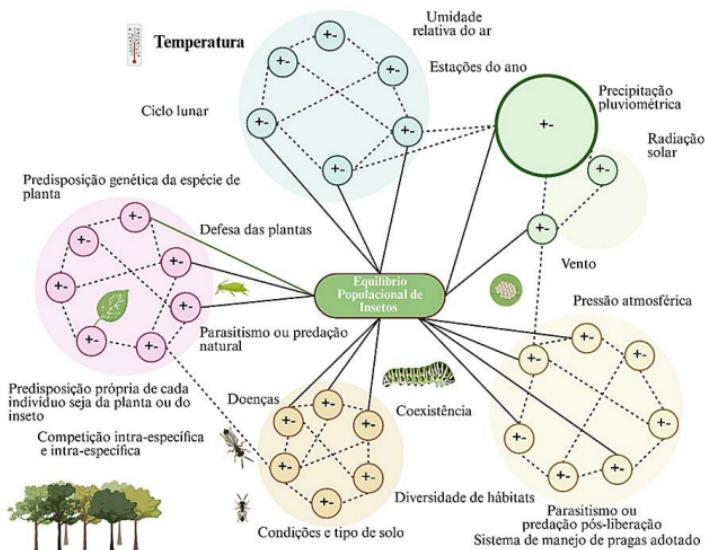
**Novo manual de pragas florestais brasileiras.** 1. ed. Montes Claros: [s.n.], 2021. cap. 16.1, p. 750-793.

VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Interactions mediated by predators in arthropod food webs. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 1-9, 2001.



# CAPÍTULO 3

CONTROLE  
BIOLÓGICO DE  
INSETOS NÃO  
É LINEAR



**Figura 01.** Infográfico “O controle biológico não é linear”.

O controle biológico de insetos em agroecossistemas não é linear porque envolve uma série de fatores ecológicos e interações complexas, que podem variar principalmente com as condições ambientais, características intrínsecas das espécies envolvidas e as práticas de manejo adotadas (Figura 01). Em outras palavras, os resultados do controle biológico não seguem um padrão previsível e constante, mas sim uma dinâmica que pode mudar e que requer tempo e capacidade de interpretação de quem o adota.

Existem diversas razões para a complexidade do controle biológico que dependem de uma rede de interações múltiplas entre organismos, como predadores, parasitoides, presas, hospedeiros, herbívoros e competidores. As populações de insetos podem res-



ponder de maneiras diferentes a essas interações. Por exemplo, um predador natural pode ser eficaz contra uma espécie que atingiu o status de praga em determinado momento, mas sua eficiência pode diminuir se a presa se tornar mais resistente ou se houver uma mudança no ambiente que afete a abundância do predador, como, por exemplo, o uso de pesticidas sintéticos de amplo espectro de ação ou a ocorrência de temperaturas extremas.

A temperatura, a umidade relativa do ar, a chuva, o vento, a luminosidade, o tipo de solo e outros fatores ambientais podem influenciar a eficácia do controle biológico. As condições climáticas e o microclima, por exemplo, podem afetar a sobrevivência e a reprodução de predadores naturais ou parasitoides, tornando o controle biológico mais ou menos eficaz ao longo do ano de acordo com as regiões geográficas (Thomson *et al.*, 2010).

As populações de insetos, quando atingem o “status de praga”, podem ter surtos populacionais imprevisíveis, impulsionados por fatores como mudanças climáticas, introdução de novas variedades de plantas ou até mesmo por práticas de cultivo que favorecem determinadas espécies de insetos. O equilíbrio biológico dessas populações geralmente é alcançado naturalmente, mas para que o dano econômico seja minimizado, as estratégias e as táticas de manejo devem ser colocadas em prática o quanto antes, pois a velocidade de ação do método de controle biológico é menor quando comparado ao químico e exige um pe-



ríodo de transição para que o êxito seja alcançado. De certa forma, a população dos inimigos naturais cresce de maneira mais lenta em comparação à população de insetos-praga. Portanto, a população de agentes biológicos precisa ser conservada e construída ao longo do tempo. De maneira geral, haverá, no mínimo, três gerações do inimigo natural para que ocorra a quebra do ciclo do inseto-praga.

Outra questão a ser destacada é que assim como os insetos na condição de ‘praga’ podem desenvolver resistência a pesticidas, eles também podem desenvolver resistência a inimigos naturais, como parasitoides, predadores ou microrganismos entomopatogênicos, principalmente fungos, bactérias, vírus ou nematoides entomopatogênicos (Hajek, Leger, 1994; Tabashnik *et al.*, 2013; Vogelweith *et al.*, 2014). Isso adiciona uma camada de complexidade ao controle biológico, que precisa ser constantemente adaptado às mudanças nas populações de pragas. Além disso, a produção de agentes biológicos em larga escala e em condições de laboratório pode, em determinado momento, causar a perda de variabilidade genética e, por consequência, a redução da qualidade e da capacidade biológica e comportamental desses agentes (Pereira *et al.*, 2021).

A diversidade biológica e estrutural dos agroecossistemas também influencia o sucesso do controle biológico. Cultivos diversos tendem a oferecer mais habitats com diferentes fontes de alimento aos inimigos naturais das pragas, o que pode favorecer o equilíbrio biológico (Altieri, 1999). Devido à natureza não linear



do controle biológico, é necessário um planejamento estratégico, com monitoramento constante das populações de artrópodes herbívoros, de entomófagos, de microrganismos entomopatogênicos, bem como das condições climáticas. Isso envolve a aplicação de estratégias e táticas do manejo integrado de pragas (MIP). Portanto, o controle biológico é um processo dinâmico e adaptativo, que exige flexibilidade e conhecimento detalhado dos ecossistemas agrícolas e florestais, bem como de suas interações e das ações antrópicas.

O controle biológico é um método específico dentro do manejo integrado de pragas que utiliza organismos vivos para reduzir populações de insetos considerados por nós como prejudiciais. De acordo com Fontes *et al.*, 2020, controle biológico pode ser feito de três formas:

- **Controle biológico clássico:** esse método consiste em buscar inimigos naturais de uma praga exótica (espécie invasora) em outras áreas geográficas distintas para introdução, liberação e estabelecimento na área onde a praga exótica foi introduzida, visando ao seu controle. Exemplo: introdução da vespa parasitoide *Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) para o controle de pulgões.
- **Controle biológico aumentativo ou aplicado:** produção massiva e liberação de inimigos naturais visando reduzir a população do organismo-alvo.



mo-praga. Exemplo: liberação do parasitoide de ovos *Trichogramma galloii* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para reduzir a população de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) em cana-de-açúcar.

- **Controle biológico conservativo:** baseia-se no entendimento de que os agroecossistemas podem ser manejados com objetivo de preservar e aumentar as populações de inimigos naturais, principalmente parasitoides, predadores e entomopatógenos e assim promover o controle das populações de pragas. Exemplo: manutenção de plantas que fornecem abrigo e alimento para insetos parasitoides e predadores.

As conexões biológicas entre insetos herbívoros e entomófagos em ambientes agrícolas e florestais referem-se às interações ecológicas que ocorrem entre essas duas categorias de insetos. Essas interações são fundamentais para a dinâmica populacional, o equilíbrio dos ecossistemas e a implementação de estratégias de manejo sustentável.

Os insetos herbívoros são aqueles que se alimentam de plantas, causando frequentemente danos aos cultivos agrícolas ou florestais. Esses insetos podem ser considerados pragas quando suas populações atingem níveis que comprometem a produtividade dos sistemas agrícolas e florestais. Exemplo: Lagartas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 ou *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae),



que desfolham plantas de soja. Ou *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae), que desfolham árvores de eucalipto e comprometem sua capacidade fotossintética e, consequentemente, o crescimento das árvores.

Os entomófagos são insetos que se alimentam de outros insetos, desempenhando papel crucial no equilíbrio populacional de insetos herbívoros. Eles podem ser:

**Predadores:** Insetos que consomem diretamente outros insetos. Exemplo: Percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) e crisopídeo *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae), que se alimentam principalmente de lagartas desfolhadoras e do psilídeo de concha em eucalipto.

**Parasitoides:** Insetos que depositam ovos em outros insetos, levando à morte do hospedeiro. Exemplo: *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoide de ovos principalmente de lepidópteros e *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide pupal de lepidópteros.

**Microrganismos:** Bactérias, fungos, vírus e nemátoides entomopatogênicos. Exemplo: *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (Eubacteriales: Bacillaceae), *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Baculovirus anticarsia* (Baculoviridae) e *Steinernema car-*



pocalypse (Rhabditida: Steinernematidae), que causam a mortalidade de insetos.

As conexões entre herbívoros e entomófagos envolvem diversas interações ecológicas que impactam as populações e o funcionamento dos ecossistemas:

De maneira geral, insetos entomófagos regulam as populações de insetos herbívoros, impedindo que atinjam níveis de surto populacional. Exemplo: *Chrysoperla externa externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae), predando ninhas de *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 (Hemiptera: Psyllidae) (psilídeo-de-concha) em plantações de eucalipto. Pode haver também a competição indireta, quando herbívoros competem pelos mesmos recursos (como folhas ou caule), os entomófagos podem intensificar o controle, beneficiando plantas hospedeiras. Exemplo: *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitando ovos de *I. panopla* e reduzindo sua competição com *T. arnobia* em eucalipto.

A presença de insetos entomófagos pode gerar uma cascata trófica positiva ao reduzir as populações de herbívoros, permitindo que plantas se recuperem. Exemplo: Liberações dos parasitoides *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893), *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae), *T. diatraeae*, *T. pretiosum* e dos predadores *P. nigrispinus* e *C. externa* para reduzir as populações de lepidópteros desfolhadores em eucalipto. Obviamente existe uma competição inter e intraespecífica entre esses agentes



de controle biológico, mas tem se observado, em condições naturais, que devido à predominância de grande abundância de recursos alimentares, principalmente em surtos populacionais, os efeitos aditivos têm sido superiores aos antagônicos quando essas espécies são utilizadas de maneira conjunta.

Insetos herbívoros e entomófagos compartilham o mesmo ambiente, mas com adaptações diferentes. Áreas com alta biodiversidade vegetal oferecem refúgios e condições ideais considerados micro-habitats para ambos os grupos. Exemplo: cascas em troncos servem de micro-habitats nas florestas de eucalipto e influenciam a distribuição de ovos de herbívoros como *I. panopla*, bem como de seus parasitoides.

As conexões biológicas entre herbívoros e entomófagos são cruciais para a sustentabilidade em sistemas agrícolas e florestais. Compreender essas interações permite a implementação de estratégias de controle biológico que preservam o equilíbrio ecológico, reduzem a perda de produtividade e os impactos ambientais. O equilíbrio biológico populacional de insetos nos agroecossistemas agrícolas e florestais é um fenômeno complexo e dinâmico, influenciado por uma ampla gama de fatores inter-relacionados. Esses fatores, tanto bióticos quanto abióticos, interagem continuamente, moldando as populações de insetos, plantas e outros organismos presentes no ambiente.

O equilíbrio biológico populacional de insetos nos agroecossistemas agrícolas e florestais depende da influência de diversos fatores que estão inter-relaciona-



dos como: temperatura (+-), precipitação pluviométrica (+-), umidade relativa do ar (+-), vento (+-), radiação solar (+-), ciclo lunar (+-), estações do ano (+-), pressão atmosférica (+-), predação (+-), doença (+-), parasitismo e/ou predação natural (+-), parasitismo e/ou predação pós-liberação (+-), defesa das plantas (+-), competição intra-específica e interespecífica (+-), coexistência (+-), predisposição genética da planta (+-), predisposição própria de cada indivíduo seja da planta ou do inseto (+-), condições e tipos de solo (+-), diversidade de habitats (+-), sistema de manejo de pragas adotado (+-).

A disponibilidade de água e a umidade relativa do ar afetam diretamente o desenvolvimento, a reprodução e a sobrevivência dos insetos e dos seus inimigos naturais. Um ambiente úmido, por exemplo, pode favorecer a ação de fungos entomopatogênicos, que podem causar epizootias em populações de insetos (Gallo *et al.*, 2002).

O vento pode dispersar insetos voadores e esporos de fungos, mas também pode dificultar o estabelecimento de certos organismos em áreas específicas. A temperatura indubitavelmente é um dos fatores mais críticos, regulando taxas metabólicas, ciclos de vida e atividades de insetos, plantas e entomopatógenos. Alterações extremas podem levar à mortalidade ou ao aumento de populações. A radiação solar afeta diretamente a fotossíntese das plantas e pode influenciar a atividade de insetos diurnos e noturnos. O ciclo lunar e as estações do ano impactam comportamentos como migração e reprodução, especialmente em in-



setos cujos ciclos estão sincronizados com mudanças sazonais. As alterações na pressão atmosférica podem influenciar o comportamento de insetos, especialmente em relação à dispersão e à busca por hospedeiros.

A presença de predadores e parasitoides naturais é essencial para manter as populações de insetos-praga em níveis sustentáveis. A liberação de agentes de controle biológico, como parasitoides e predadores, pode reforçar o controle natural, desde que as condições ambientais favoreçam seu estabelecimento e sua eficácia. As plantas possuem mecanismos de defesa, químicos e físicos, que afetam diretamente a capacidade dos insetos de se alimentar, reproduzir e completar seu ciclo de vida. A interação entre diferentes espécies de insetos e outros organismos pode regular as populações, favorecendo ou inibindo o crescimento de determinadas espécies. A suscetibilidade ou a resistência de plantas e insetos a estresses ambientais e biológicos é influenciada por sua genética.

A qualidade e a fertilidade do solo impactam diretamente a saúde das plantas, influenciando sua capacidade de resistir a ataques de insetos. O sistema de manejo fitossanitário com estratégias como rotação de culturas, uso de produtos biológicos e integração de práticas sustentáveis são fundamentais para regular as populações de insetos de forma eficiente e pode variar de acordo com cada região e produtor.

Todos esses fatores operam em sinergia, criando um equilíbrio dinâmico que varia espacial e temporalmente. O manejo sustentável das populações de



insetos exige uma compreensão aprofundada dessas interações e a aplicação de técnicas integradas para promover um ambiente equilibrado, onde pragas, inimigos naturais e plantas coexistam em harmonia, garantindo a produtividade e a conservação ambiental. Cada ambiente, agrícola ou florestal de cada fazenda, tem suas características e próprios sistemas de manejo e uma matriz de decisão deverá ser elaborada para cada situação.

Portanto, o controle biológico de insetos em agroecossistemas não é linear e imediato. Se bem entendido, planejado e executado de forma contínua, será sistêmico e mais resiliente.

Assim, a capacidade de enxergar o todo é essencial para compreender sistemas complexos, pois, muitas vezes, o todo é maior que a soma das partes (Bertalanffy, 1968). Essa ideia vem da teoria dos sistemas e do pensamento holístico, que mostram que as interações entre os elementos de um sistema criam propriedades emergentes que não podem ser explicadas apenas analisando cada parte isoladamente (Morin, 1992).

Como base nessa teoria, por um olhar entomológico, um surto populacional de insetos, por exemplo, por que ele começa? Qual o seu tamanho e a sua duração? Devido às interconexões e às sinergias, em um agroecossistema, por exemplo, a relação entre insetos herbívoros, predadores, parasitoides, microrganismos e o ambiente pode gerar um equilíbrio que não pode ser entendido apenas olhando cada organismo individualmente ?



Nesse contexto, no mundo do agronegócio, gestores que veem o “todo” conseguem antecipar tendências e impactos que especialistas focados em um único setor podem ignorar. Portanto, tomar uma decisão de controlar ou não uma população de insetos pode custar caro para as empresas, para o responsável técnico e para o ambiente, caso as tendências na sua totalidade não sejam consideradas. Desse modo, é imprescindível fazer a conexão entre diferentes conhecimentos e áreas para propiciar o surgimento de novas ideias e soluções que não existiriam analisando as partes separadamente.

No agroecossistema, o complexo de espécies de vegetais e animais sobrevive de maneira integrada, influenciado diretamente pelos fatores climáticos. Apenas estudar uma espécie sem entender o funcionamento de todo o sistema de produção e manejo pode limitar o diagnóstico e a eficiência do manejo fitossanitário.

No sistema de produção e manejo em culturas agrícolas e florestais, a gestão com base em conhecimentos científicos e técnicos sobre o solo, a disponibilidade de água, a genética, a fisiologia vegetal e a fitossanidade é dinâmica, então mudanças em uma área afetam as outras.

No controle químico, o uso de um produto considerado altamente tóxico para redução da população de insetos sugadores em determinado momento pode exterminar toda a população de inimigos naturais de



insetos mastigadores, propiciando e potencializando o aparecimento dos surtos populacionais.

No controle biológico, o uso de um predador, parasitoide e/ou entomopatógeno pode reduzir populações de insetos herbívoros, mas também pode impactar outros organismos, exigindo uma visão sistêmica para evitar maiores desequilíbrios populacionais e maiores prejuízos ecológicos e agrícolas. Ter uma visão ampla permite entender melhor os desafios e criar soluções mais eficazes. Portanto, ver o todo e saber que esse todo é particular para cada sistema de produção (talhão, fazenda, empresa, município, região) é um diferencial poderoso.

Pequenas mudanças em uma parte de um sistema podem ter efeitos grandes e inesperados em todo o sistema. Nos sistemas complexos, as interações entre as partes não seguem uma relação direta ou previsível. Um pequeno evento ou uma mudança em uma parte do sistema pode ter efeitos desproporcionais ou inesperados em outra parte, o que dificulta a previsão dos comportamentos do sistema como um todo. Em sistemas lineares, as mudanças são proporcionais (por exemplo, quando se dobra a força, também se dobra a velocidade), mas, em sistemas complexos, os efeitos podem ser não proporcionais (Capra; Luisi, 2014).

Um conceito central na teoria da complexidade é o comportamento emergente, que se refere a comportamentos que surgem de interações simples entre as partes do sistema, mas que não podem ser facilmente previstos a partir da análise dessas partes isoladas



(Meadows, 2008). Assim, o comportamento de uma população de insetos é um exemplo clássico de comportamento emergente. Um inseto individualmente pode não estar no comando do movimento do grupo, mas a interação simples entre os membros desse grupo gera padrões complexos e coordenados, como o deslocamento de toda a população para outras áreas.

Outra questão é a sensibilidade às condições iniciais, pois, em sistemas complexos, pequenas mudanças nas condições iniciais podem levar a grandes diferenças nos resultados, o que é a base do efeito borboleta. Isso significa que, embora os sistemas complexos sejam dinâmicos e possam ser previsíveis em escalas grandes ou de longo prazo, em escalas menores, eles podem ser extremamente sensíveis a variações mínimas (Holland, 1998).

O clima é um sistema complexo, e uma pequena mudança em uma região do planeta pode, com o tempo, ter um grande impacto em outros lugares, levando a mudanças inesperadas e não lineares no padrão climático global (Rial *et al.*, 2023).

Muitos sistemas complexos têm a capacidade de se auto-organizar, ou seja, de desenvolver padrões ou estruturas organizacionais sem uma direção central. Isso significa que, em muitos casos, as partes do sistema interagem de forma local e, ao longo do tempo, elas criam uma ordem ou uma organização global sem que haja uma autoridade ou um planejamento centralizado.

Nesse sentido, os fluxos de tráfego nas cidades são um exemplo de auto-organização. Embora não haja um



“controle central” sobre o movimento de cada veículo, o tráfego tende a se organizar espontaneamente em padrões, com engarrafamentos surgindo quando há um bloqueio local ou um pico de veículos. Do mesmo modo, em cada surto populacional, insetos fitófagos, entomófagos e microrganismos se organizam e se equilibram, mas, na maioria das vezes, de forma imprevisível.

Portanto, os surtos populacionais de insetos mostram que estes são frequentemente adaptativos, ou seja, têm a capacidade de aprender com as interações e mudar seu comportamento ao longo do tempo. Eles podem evoluir em resposta às mudanças em seu ambiente, o que lhes permite se ajustar às novas condições. O sistema imunológico dos insetos é adaptativo. Ele aprende com os entomopatógenos encontrados ao longo da vida e ajusta suas respostas imunes para lidar melhor com ameaças futuras (Vogelweith *et al.*, 2014).

Como exemplos de sistemas complexos, tem-se os sistemas biológicos, em que o corpo dos insetos, com seus bilhões de células interagindo entre si, é um exemplo clássico de um sistema biológico complexo. A interação entre os sistemas nervoso, endócrino e imunológico, por exemplo, pode criar um organismo que é capaz de se adaptar e responder a uma ampla gama de estímulos (Buchon *et al.*, 2014).

Já nos sistemas ecológicos complexos, os ecossistemas, compostos por diversos organismos vivos e não vivos, interagem de maneira complexa, formando teias alimentares, ciclos de nutrientes e outros processos dinâmicos. Alterações em um único elemento do



agroecossistema (como o desaparecimento de uma espécie) podem ter efeitos em cascata que afetam todo o sistema (Tylianakis; Morris, 2023).

No sistemas sociais e econômicos, a economia global é um sistema complexo, em que as interações entre países, empresas e consumidores geram dinâmicas imprevisíveis. As crises financeiras, por exemplo, podem surgir a partir de pequenas falhas em um ponto do sistema econômico, mas rapidamente se espalham e afetam o sistema como um todo. (Halldane; May, 2011).

Sob esse viés, a internet é um exemplo de sistema complexo tecnológico, pois milhões de computadores e usuários interagem entre si em tempo real, criando um espaço dinâmico em que a informação circula de maneira não linear. As redes neurais artificiais, usadas em inteligência artificial, também são exemplos de sistemas complexos, nos quais as interações simples entre unidades (neurônios artificiais) podem resultar em comportamentos de aprendizagem sofisticados (Barabási, 2023).

A teoria da complexidade nos permite entender o mundo de uma maneira mais integrada e dinâmica, vendo os sistemas não como somas de partes separadas, mas como redes interconectadas que produzem resultados emergentes (Bertalanffy, 1968). Ela nos ajuda a lidar com a imprevisibilidade, a não linearidade e a adaptação dos insetos que são características intrínsecas das interações existentes nos ambientes agrícolas e florestais.



Reitero que o controle biológico de insetos em agroecossistemas não é linear por várias razões que se relacionam diretamente com a natureza complexa dos sistemas e a interação de diferentes fatores biológicos, ambientais e econômicos. Para entender isso, é necessário considerar a dinâmica de interação entre as espécies, o ambiente e as estratégias e as táticas utilizadas para o equilíbrio populacional das espécies de artrópodes. Aqui estão alguns dos motivos principais:

No controle biológico, organismos como predadores, parasitoides ou entomopatógenos são introduzidos ou favorecidos para equilibrar as populações de pragas. Essas interações entre as espécies, no entanto, não seguem um padrão linear. Isso significa que a relação entre a quantidade de predadores ou parasitoides especializados ou generalistas e a redução das pragas pode não ser proporcional. Ou seja, a introdução de mais predadores ou a presença de mais parasitoides não resulta necessariamente em uma diminuição proporcional das pragas no tempo esperado.

Se uma espécie de predador ou parasitoide for introduzida para reduzir a população de um artrópode herbívoro, ela pode inicialmente reduzir essa população de forma significativa. No entanto, à medida que o número de presas e hospedeiros diminui, esses agentes de controle biológico podem enfrentar uma escassez de alimento, o que pode fazer com que sua população também diminua. Dessa forma, a resposta do controle não é linear e pode até resultar em flutuações cíclicas no número de pragas e seus controladores biológicos.



Algumas espécies de insetos possuem mecanismos de resiliência e adaptação que podem tornar o controle biológico menos eficaz com o tempo. Mesmo que um controle biológico inicialmente funcione, as populações de pragas podem se ajustar a esses predadores, evoluindo para formas mais resistentes a entomopatógenos ou mudando seus comportamentos para evitar predadores. Isso torna a resposta do sistema imprevisível e não linear.

Como já mencionado, um inseto pode desenvolver resistência a um entomopatógeno introduzido ou pode mudar seu comportamento, tornando-se menos vulnerável ao predador. Esses efeitos de adaptação fazem com que o controle biológico tenha um efeito menos previsível, o que vai além de uma simples relação de causa-efeito.

As condições ambientais, como a temperatura, a umidade relativa do ar, a disponibilidade de alimentos, entre outros fatores, influenciam diretamente a eficácia do controle biológico. Como as florestas de eucalipto estão sujeitas a variações ambientais sazonais e locais, o controle biológico não é constante ao longo do tempo. Esses fatores podem fazer com que o impacto dos agentes de controle biológico varie de acordo com as condições, tornando o efeito sobre as pragas imprevisível.

Durante um período de seca, os predadores e os parasitoides podem não ser tão eficazes porque sua população pode diminuir devido à falta de recursos, como pólen e néctar para alimentação dos adultos.



Por outro lado, o inseto herbívooro pode se tornar mais resistente ao estresse ambiental ou até mesmo aumentar em número, já que pode estar mais adaptado a essas condições, além de ter a abundância constante de seu alimento.

Os sistemas ecológicos são compostos por complexas teias alimentares e redes tróficas. Um organismo pode ser parte de múltiplas interações alimentares, e a introdução de um novo agente biológico pode ter efeitos indiretos em outros elementos do ecossistema, o que complica a previsão de resultados. Nesse sentido, por exemplo, um parasitoide pode, inadvertidamente, afetar outras espécies que são presas de outras espécies, criando um efeito em cascata que altera a dinâmica do ecossistema.

A introdução de um agente biológico, como um predador, pode afetar não apenas a praga-alvo, mas também outras espécies que não estavam sendo diretamente visadas. Se o agente biológico predar em maior quantidade outros organismos benéficos para a floresta, o efeito global do controle pode ser prejudicado, resultando em uma interação não linear e antagônica entre as espécies.

A introdução de um controlador biológico nem sempre será eficiente de forma linear, e sua eficácia pode variar dependendo do momento, do lugar e da população-alvo. Em alguns casos, o controle biológico pode ter um impacto significativo, mas em outros, os resultados podem ser muito mais modestos, ou até mesmo contraproducentes.



Se um organismo com potencial para atingir o status de praga já atingiu um nível muito alto de população, a introdução de um agente biológico pode não ser suficiente para reduzir rapidamente sua população, porque o aumento excessivo de indivíduos pode ter gerado um ecossistema muito alterado, tornando o controle mais difícil. Já em um estágio inicial de infestação, o controle biológico poderá ser mais eficaz.

Sistemas ecológicos são caóticos por natureza, ou seja, pequenas variações podem ter grandes efeitos. Quando tentamos intervir com o controle biológico, podemos desencadear reações imprevistas que levam a um comportamento não linear do sistema. Isso significa que a ação para controlar uma população pode resultar em um efeito indesejado, como o aumento inesperado de outra espécie ou a diminuição de um organismo benéfico que não foi alvo da intervenção.

A introdução de um novo parasitoide para reduzir a população de um inseto nocivo pode resultar em um efeito inesperado: esse parasitoide pode se alimentar de outras espécies que não estavam sendo consideradas inicialmente, alterando o equilíbrio ecológico de maneira que não era prevista.

Portanto, o controle biológico de insetos não é linear devido à complexidade das interações ecológicas, à adaptação dos insetos herbívoros e seus predadores, às flutuações ambientais e às relações tróficas interconectadas. Em agroecossistemas, é difícil prever os resultados com precisão, pois pequenas mudanças nas condições podem ter efeitos desproporcionais, e o com-



portamento das populações de pragas e controladores biológicos não segue uma relação simples de causa e efeito. A natureza interligada e adaptativa dos sistemas biológicos cria um cenário dinâmico e imprevisível, em que a resposta ao controle biológico pode variar enormemente dependendo do contexto e do momento.

Dessa forma, entender como ocorrem as interações tritróficas entre as plantas, as populações de insetos herbívoros e de seus inimigos naturais nas condições de cada agroecossistema e região é a primeira etapa para a elaboração de uma matriz de decisão visando à obtenção de êxito em um sistema de manejo biológico de insetos.

## REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1, p. 19-31, 1999.

BARABÁSI, A. L. The Science of Complex Networks: From the Internet to AI Systems. **Nature Reviews Physics**, v. 5, n. 3, p. 156-173, 2023. DOI: 10.1038/s42254-023-00558-3.

BERTALANFFY, L. **General System Theory**: foundations, development, applications. Rev. ed. New York: Braziller, 1968.

BUCHON, N.; SILVERMAN, N.; CHERRY, S. Immunity in *Drosophila melanogaster* — from microbial recognition to whole-organism physiology. **Nature Reviews Immunology**, v. 14, n. 12, p. 796-810, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nri3763>. Acesso em: 16 jun. 2025.



CAPRA, F.; LUISI, P. L. **The Systems View of Life**: a unifying vision. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. DOI: 10.1017/CBO9780511895555.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. Estratégias de uso e histórico. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 1, p. 21-43. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

HAJEK, A. E.; ST. LEGER, R. J. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p. 293-322, 1994. DOI: 10.1146/annurev.en.39.010194.001453.

HALDANE, A. G.; MAY, R. M. Systemic risk in banking ecosystems. **Nature**, v. 469, n. 7330, p. 351-355, 2011. DOI: 10.1038/nature09659.

HOLLAND, J. H. **Emergence**: from chaos to order. New York: Basic Books, 1998. DOI: 10.1093/oso/9780195118734.003.0001.

MEADOWS, D. H. **Thinking in Systems**: a primer. Ed. by Diana Wright. London: Earthscan, 2008.

MORIN, E. **Introduction à la pensée complexe**. Paris: Éditions du Seuil, 1992.



PEREIRA, F. F. et al. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P. et al. (Ed.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 317-361.

RIAL, J. A.; BURKETT, V. R.; PIELKE SR., R. A. Nonlinearities, Feedbacks, and Surprises in Climate Systems: A Review of Recent Advances. **Earth System Dynamics**, v. 1, n. 2, p. 345-378, 2023. DOI: 10.5194/esd-14-345-2023.

TABASHNIK, B. E.; BRÉVAULT, T.; CARRIÈRE, Y. Insect resistance to Bt crops: Lessons from the first billion acres. **Nature Biotechnology**, v. 31, n. 6, p. 510-521, 2013. DOI: 10.1038/nbt.2597.

THOMSON, L. J.; MACFADYEN, S.; HOFFMANN, A. A. Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. **Biological Control**, v. 52, n. 3, p. 296-306, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.022>. Acesso em: 16 jun. 2025.

TYLIANAKIS, J. M.; MORRIS, R. J. Ecological Networks in Agricultural Landscapes: The Effects of Species Loss on Ecosystem Functioning. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 38, n. 5, p. 432-445, 2023. DOI: 10.1016/j.tree.2022.12.003.

VOGELWEITH, F. et al. Host plant variation plastically impacts different traits of the immune system of a phytophagous insect. **Functional Ecology**, v. 28, n. 6, p. 1491-1497, 2014. DOI: 10.1111/1365-2435.12285.



# CAPÍTULO 4

O MANEJO  
BIOLÓGICO DE  
INSETOS PODE  
SER SISTÊMICO



**Figura 01.** Infográfico sobre o manejo biológico sistêmico.

Uma população natural de animais ocupando qualquer área considerável frequentemente será composta de uma série de populações locais mistas, que podem estar conectadas de maneira forte ou fraca, dependendo, principalmente, das condições climáticas, da disponibilidade de alimento, da presença de organismos e do local para viver (abrigos). As relações parasitoide – hospedeiro e predador – presa, na natureza, são complexas. É difícil isolar o papel de cada um (Andrewartha e Birch, 1954).

Partindo dessa afirmação e com base na experiência de 25 anos, ao se propor o manejo biológico sistêmico de populações de insetos, é preciso considerar que já existem populações locais de organismos e de microrganismos específicos de cada ambiente, como parasitoides, vespas, formigas e moscas preda-



doras, joaninhas, carabídeos, crisopídeos, percevejos e ácaros predadores, tesourinhas, aranhas, bactérias, fungos, vírus e nematoides entomopatogênicos, aves, outros vertebrados e mamíferos predadores que se relacionam entre si em teias biológicas. Esses têm seu peso e sua função no equilíbrio populacional do inseto-praga, que podem variar como atores protagonistas ou coadjuvantes de acordo com cada condição biogeográfica e edafoclimática. Além disso, embora seja difícil de medir, suas contribuições devem ser levadas em consideração ao se determinar a eficiência de controle do agente biológico utilizado, pois ao não se utilizar pesticidas sintéticos, principalmente de amplo espectro de ação, automaticamente esses amigos naturais do ser humano estarão sendo preservados.

Ao se adotar o manejo biológico sistêmico de insetos, devemos considerar que existem grupos de insetos herbívoros mastigadores ou sugadores que podem ocorrer simultaneamente ou em fases fenológicas diferentes das culturas agrícolas e florestais. Nem sempre tem-se agentes de controle biológico disponíveis para equilibrar as populações de todas as espécies de insetos que estão sendo prejudiciais. Nesse caso, em geral, os agricultores e os silvicultores têm utilizado pesticidas sintéticos. Para insetos mastigadores, existem pesticidas que são considerados seletivos, menos prejudiciais aos agentes biológicos, mas quando a população de insetos sugadores é predominante, raros são os inseticidas seletivos disponíveis. Isso é um problema grave, real e deve ser levado



em consideração, pois a população de agentes biológicos construída em determinado habitat de maneira natural e artificial é totalmente dizimada. Portanto, deve-se evitar o uso de pesticidas considerados muito tóxicos, e em último caso, se utilizados, trabalhar com a seletividade ecológica e selecionar horários de menor atividade de organismos benéficos e aplicações, quando empregadas, devem ser feitas nos locais de maior foco.

Outro ponto importante é que as boas práticas agronômicas devem ser seguidas a rigor. O bom preparo do solo, a adubação equilibrada, a atenção à incompatibilidade de produtos que muitas vezes são utilizados simultaneamente para diminuir custos, o uso de sementes e/ou mudas sadias, o uso de cultivares resistentes e adaptados à região, a amostragem contínua de artrópodes considerados nocivos e benéficos, a utilização de produtos fitossanitários na dose recomendada, seguindo as indicações de uso, levando em consideração as condições climáticas adequadas e a boa regulagem dos equipamentos de aplicação. Tudo isso constitui exemplos de práticas que devem ser seguidas.

A combinação de diferentes espécies de macrobiológicos e de microbiológicos específicos e generalistas que também têm suas peculiaridades ao serem utilizadas de maneira conjunta constitui-se como uma alternativa dentro do manejo biológico sistêmico, que precisa ser testado e validado ao considerar as demais



variáveis existentes em ambientes agrícolas, florestais e agroflorestais.

O planejamento das intervenções deve ser feito com base no sistema de produção específico de cada produtor. Nesse sentido, é preciso coletar informações sobre quais espécies de artrópodes, microrganismos e plantas espontâneas e quando ocorrem com maior frequência. Além disso, é preciso verificar se ocorrem de maneira simultânea, quais os produtos fitossanitários utilizados, bem como seus respectivos modo de ação e quais são seletivos, quais espécies e/ou cultivares e clones utilizados. É imprescindível fazer a amostragem dos organismos nocivos e benéficos nos ambientes cultivados (Pereira *et al.*, 2021).

Surtos populacionais de complexos de espécies de artrópodes sugadores e mastigadores em grandes áreas e de maneira simultânea são frequentes. A maioria dos produtos fitossanitários seletivos são aqueles utilizados para redução da população de insetos mastigadores. Cabe destacar, ainda, que quando se utilizam produtos fitossanitários não seletivos em organismos benéficos, o manejo biológico é extremamente prejudicado.

É importante, também, fazer uma análise econômica dos custos com amostragens e controle, atrelados a outros fatores do custo de produção e considerar a produtividade, ao longo dos anos, caso sejam culturas anuais.

Assim, o manejo biológico sistêmico refere-se a uma abordagem integrada e holística de controle biológico.



co que considera, ao longo do tempo, as interações ecológicas entre as populações naturais e aplicadas de artrópodes herbívoros, parasitoides, predadores, fungos, vírus, bactérias e nematoides entomopatogênicas, considerando uma matriz de decisão de manejo para cada produtor, que leva em conta o seu sistema de produção, as características biogeográficas e climáticas locais e regionais. Todos esses fatores objetivam manter o equilíbrio populacional desses organismos e minimizar os danos às culturas agrícolas e florestais. Esse tipo de manejo é baseado em princípios sustentáveis, que pode reduzir a dependência de inseticidas sintéticos e promover a saúde geral dos agroecossistemas.

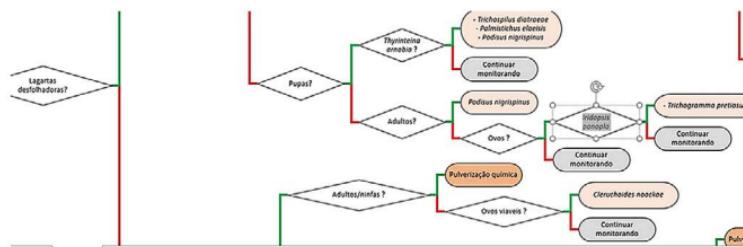


Figura 02. Exemplo de matriz de decisão de manejo biológico sistêmico de insetos florestais.

A matriz de decisão permite que cada produtor adapte seu manejo conforme as particularidades do seu agroecossistema e dos seus objetivos produtivos (Figura 02). Isso leva a um uso mais eficiente dos recursos, uma maior sustentabilidade e a melhores resultados econômicos. Portanto, não há uma receita única e estática, mas sim diretrizes que devem ser monitoradas e ajustadas constantemente de forma estratégica para cada realidade.



Por fim, para a elaboração de um programa de pesquisa científica e técnica que envolva o manejo biológico sistêmico com insetos entomófagos, propomos o estudo das seguintes etapas:

1. Coleta, identificação (taxonômica + molecular = integrativa) do agente biológico;
2. Registro de hospedeiros e presas (naturais e alternativos) do agente biológico;
3. Avaliação das características (morfológicas, biológicas e comportamentais) do agente biológico;
4. Estabelecimento da técnica de criação e custo de produção (pequena x grande escala);
5. Avaliação do controle de qualidade da população de hospedeiros, presas e do agente biológico (laboratório, biofábrica e unidade do produtor);
6. Determinação das técnicas de liberação de insetos entomófagos (semicampo e campo);
7. Avaliação da compatibilidade do agente biológico com produtos fitossanitários (biológicos e sintéticos);
8. Avaliação das interações biológicas e das técnicas de conservação de insetos entomófagos em agroecossistemas;
9. Análise da viabilidade econômica da produção, uso e validação do agente biológico em agroecossistemas;
10. Elaboração do laudo de eficiência agronômica e registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA);



11. Elaboração da matriz de decisão de uso do agente biológico para cada agricultor e tomada de decisões coletivas e regionais.

## REFERÊNCIAS

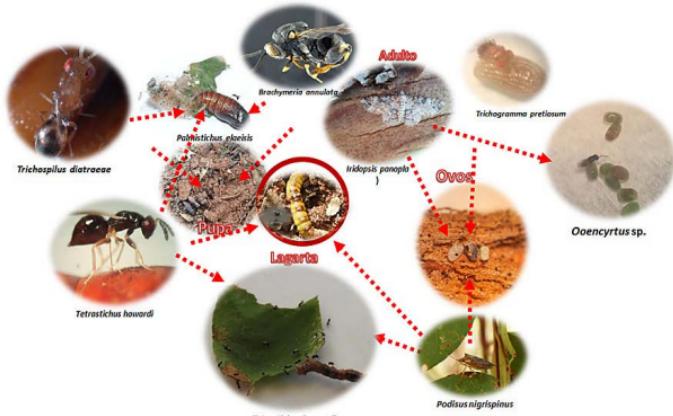
ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. **The distribution and abundance of animals**. Chicago: University of Chicago Press, 1954. 793 p.

PEREIRA, F. F. et al. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P. et al. (Ed.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 317-361.



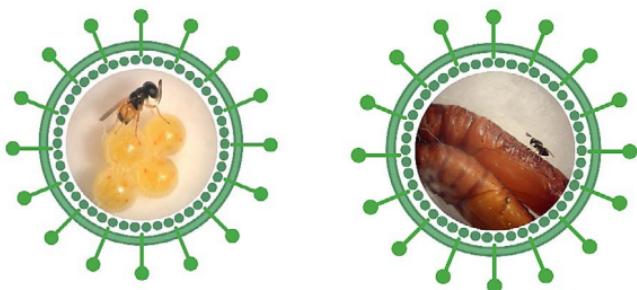
# CAPÍTULO 5

PARASITOIDES  
COMO  
CONECTORES  
BIOLÓGICOS



**Figura 01.** Conexões entre espécies de insetos herbívoros e entomofágos.

Os parasitoides atuam como “conectores biológicos” nos ecossistemas, pois estabelecem ligações entre diferentes níveis da teia alimentar (Figura 01). Eles são insetos que depositam seus ovos dentro de um hospedeiro, sobre ou próximo a ele, e suas larvas desenvolvem-se alimentando-se dele, levando-o à morte. Essa característica faz com que os parasitoides desempenhem um papel crucial no equilíbrio natural das populações de insetos.



**Figura 02.** Parasitoides como conectores biológicos.



A ausência de parasitoides deixaria muitos insetos herbívoros sem inimigos naturais, permitindo que suas populações crescessem exponencialmente (Figura 02). Isso afetaria especialmente áreas agrícolas, onde besouros, lagartas, percevejos, cigarras e pulgões poderiam causar perdas de até 100% em cultivos agrícolas e florestais.

Quando as plantas são danificadas por insetos herbívoros, elas emitem compostos voláteis que funcionam como pistas químicas para os parasitoides, auxiliando-os a localizar e parasitar os herbívoros, resultando em sua morte (Borges *et al.*, 1999). Além disso, pistas químicas liberadas pelos próprios adultos do herbívoro podem ser reconhecidas por fêmeas parasitoides, como demonstrado na interação entre *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygastridae) e *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Borges *et al.*, 2003). Em ambos os casos, tanto a planta quanto o parasitoide são beneficiados, evidenciando a importância dessa conexão biológica.

Sem os parasitoides, os agricultores teriam que aumentar o uso de pesticidas químicos, elevando os custos de produção e gerando impactos ambientais negativos, como a contaminação do solo, da água e do ar, além de danos à biodiversidade. Portanto, os parasitoides prestam um serviço ecossistêmico essencial no controle natural de insetos herbívoros – um benefício muitas vezes invisível e não contabilizado economicamente. Sua ausência poderia ser catastrófica do ponto de vista ambiental e econômico.



A extinção dos parasitoides afetaria toda a teia alimentar. Muitas aves e pequenos predadores que dependem desses insetos como alimento seriam prejudicados, já que a explosão populacional de herbívoros poderia esgotar rapidamente as fontes de recursos vegetais, desequilibrando ecossistemas naturais e agrícolas.

Ecossistemas com baixa diversidade de parasitoides e predadores, mas com alta abundância de insetos fitófagos com potencial de praga, tendem a ser menos resilientes às mudanças climáticas, perdendo parte de sua capacidade de autorregulação. Assim, a extinção dos parasitoides levaria a um mundo com ecossistemas mais frágeis, menos biodiversos e uma agricultura significativamente mais vulnerável.

Por outro lado, um questionamento frequente de quem desconhece essas interações tróficas ao utilizar o controle biológico é: "Parasitoides produzidos em laboratório e liberados em agroecossistemas podem se tornar uma praga?". Quando espécies de parasitoides originárias de outros países são introduzidas no Brasil, por exemplo, e se o procedimento de quarentena não for realizado adequadamente, elas podem, de fato, tornar-se um problema grave, principalmente do ponto de vista da conservação de espécies nativas de parasitoides. Por isso, existem leis e portarias que exigem estudos rigorosos antes da introdução de qualquer agente de controle biológico no país (Fontes *et al.*, 2020).

Ao priorizar espécies nativas do Brasil, o equilíbrio entre planta, herbívoro e parasitóide ocorre natural-



mente, graças às relações evolutivas estabelecidas ao longo de milênios – embora esse equilíbrio dependa também das condições climáticas atuais e do manejo agrícola adotado.

Vale ressaltar que parasitoides também possuem inimigos naturais. Aranhas, formigas, vespas, percevejos, joaninhas, carabídeos e crisopídeos são predadores generalistas que podem alimentar-se de ovos, larvas, pupas, ninfas ou adultos de insetos parasitados, representando uma competição interespecífica.

Além disso, parasitoides também podem parassitar e se desenvolver em hospedeiros já parasitados. Isso é mais um fator regulador de suas populações. Por exemplo, o hiperparasitoide é um parasitoide que parasita outros parasitoides. Esse modo de vida ocorre após parasitismo de um hospedeiro previamente parasitado. Nesse caso, o parasitismo pode ser obrigatório (hiperparasitoides específicos de insetos parasitoides) ou facultativo (nos casos em que o hiperparasitoide possa se desenvolver em um maior espectro de hospedeiros, atuando como hiperparasitoide somente quando realiza a oviposição em hospedeiros previamente parasitados). Também, há os verdadeiros (parasitam as larvas de outros parasitoides dentro do hospedeiro) e os de pupas (espécies que parasitam pupas de parasitoides, mas que pertencem a grupos que parasitam pupas de diversos outros insetos). Encontram-se exemplos de hiperparasitoides nas maiores superfamílias de Hymenoptera parasitoides (Ichneumonidea, Chalcidoidea, Cynipoidea,



Proctotrupoidea, Ceraphronoidea) e também em Diptera (Bombyliidae e Conopidae) e Coleoptera (Ripiphoridae e Cleridae) (Laumann; Sampaio, 2022).

Outro modo de vida de parasitoides é o Cleptoparasita. Esse termo é utilizado para organismos que exploram competitivamente recursos utilizados por outros. Parasitoides podem utilizar recursos de hospedeiros previamente parasitados. Encontram-se exemplos de cleptoparasitas entre Diptera (ex.: Phoridae, Milichiidae, Chloropidae, Sphaeroceridae) e Hymenoptera – abelhas e vespas parasitoides (ex.: Chrysididae). (Laumann; Sampaio, 2022).

A presença de entomopatógenos nos hospedeiros também pode interferir no desenvolvimento dos parasitoide. Existem fungos conhecidos como microsporídeos que são parasitas intracelulares obrigatórios (Corradi; Keeling, 2009). Os esporos são metabolicamente inativos e, quando ingeridos, germinam no lúmen do intestino médio do inseto, injetando o aparelho infeccioso, composto por um tubo polar que penetra na membrana celular e permite que o esporoplasma seja transferido para o hospedeiro (Bigliardi, Sacchi, 2001). Na célula hospedeira, os microsporídeos exploram o organismo para se multiplicar, utilizando organelas e produtos metabólicos como substrato para completar o ciclo (Dean *et al.*, 2016). Após a multiplicação, novos esporos de resistência são formados e liberados por lise celular e excretados nas fezes dos insetos (Gisder *et al.*, 2011). Essa infecção no inseto hospedeiro pode



causar alterações morfológicas e comportamentais nos parasitoides e, como consequência, seu colapso, como o exemplo de Clado *Nosema / Vairimorpha* (Paes *et al.*, 2019).

Os conflitos funcionais entre organismos são de grande importância ao fazerem com que cada espécie se dê melhor em pelo menos alguma combinação de condições, evitando que o ambiente seja dominado por apenas uma única superior. Estudos sobre as interações das redes alimentares são importantes para entender a dinâmica populacional das espécies (Eveleigh *et al.*, 2007, Giacomini, 2007). O sucesso do controle biológico em surtos populacionais de insetos depende do controle de cima para baixo dos herbívoros, mas é importante ressaltar que existe a ação múltipla de agentes biológicos em que se formam teias e subalimentares e as interações entre plantas, herbívoros e inimigos naturais podem mudar de interações tritróficas simples para interações mais complexas na teia alimentar.

Portanto, essas interações inter e intraespecíficas associadas aos fatores ambientais podem afetar as densidades populacionais de insetos herbívoros e entomófagos de maneira diferente a cada ano. Então, é importante estudar a compatibilidade entre inimigos naturais e avaliar as interações indiretas numéricas e funcionais (Venzon *et al.*, 2001), para que seja possível prever os efeitos antagônicos e aditivos e, assim, elaborar e utilizar a melhor estratégia de uso de agentes biológicos.



Conhecer, entender e visualizar a dinâmica das interações tritróficas (planta-herbívoro-inimigo natural) em ambientes naturais, agrícolas, florestais e agroflorestais é imprescindível para que o serviço ecosistêmico prestado, em especial pelos parasitoides, ao equilibrar populações de insetos herbívoros, não seja subestimado.

## REFERÊNCIAS

- BIGLIARDI, E.; SACCHI, L. Cell biology and invasion of the microsporidia. **Microbes and Infection**, v. 3, p. 373-379, 2001.
- BORGES, M. et al. Kairomonal effect of walking traces from *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) on two strains of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygastriidae). **Physiological Entomology**, v. 28, p. 349-355, Dec. 2003. DOI: 10.1111/j.1365-3032.2003.00350.x.
- BORGES, M. et al. Semiochemical and physical stimuli involved in host recognition by *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae) toward *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). **Physiological Entomology**, v. 24, p. 227-233, 1999. DOI: 10.1046/j.1365-3032.1999.00136.x.
- CORRADI, N.; KEELING, P. J. Microsporidia: a journey through radical taxonomical revisions. **Fungal Biology Reviews**, v. 23, n. 2, p. 1-8, 2009.
- DEAN, P.; HIRT, R. P.; EMBLEY, T. M. Microsporidia: Why Make Nucleotides if You Can Steal Them? **PLoS Pathogens**, v. 12, p. 1-13, 2016.



EVELEIGH, E. S. et al. Fluctuations in density of an outbreak species drive diversity cascades in food webs. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 43, p. 16976-16981, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0704301104>. Acesso em: 16 jun. 2025.

FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S.; SUJII, E. R. Estratégias de uso e histórico. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 1, p. 21-43. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

GIACOMINI, H. C. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. **Oecologia Brasilien-sis**, v. 11, n. 4, p. 521-543, 2007.

GISDER, S. et al. A cell culture model for *Nosema ceranae* and *Nosema apis* allows new insights into the life cycle of these important honey bee-pathogenic microsporidia. **Environmental Microbiology**, v. 13, p. 404-413, 2011.

LAUMANN, R. A.; SAMPAIO, M. V. Controle de artrópodes-praga com parasitoides. In: FONTES, E. M. G.; VALADA-RES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 3, p. 65-112. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

PAES, J. J. J. et al. Infection by the microsporidium of Clado *Nosema/Vairimorpha* in pupal parasitoids. **Anais da Academ-**



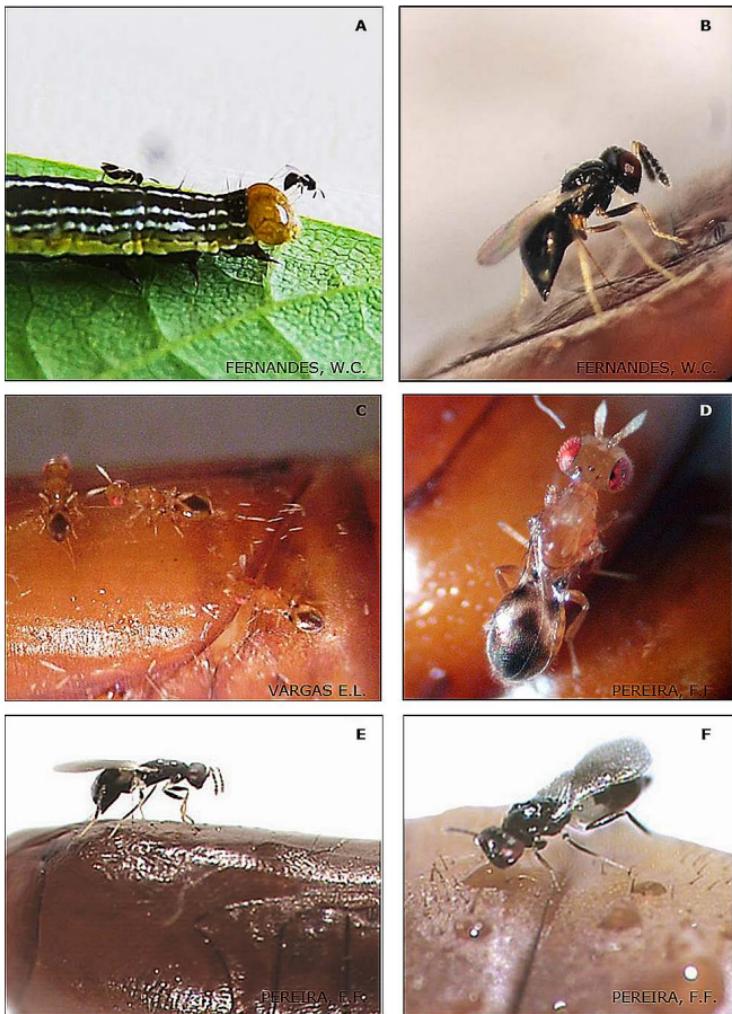
**mia Brasileira de Ciências**, v. 91, e20180326, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201920180326>. Acesso em: 16 jun. 2025.

VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Interactions mediated by predators in arthropod food webs. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 1-9, 2001.



# CAPÍTULO 6

COLETA,  
PRODUÇÃO E  
DESEMPENHO  
BIOLÓGICO DE  
PARASITOIDES



*Tetrastichus howardi* parasitando lagarta (A) e pupa (B) de *Anticarsia gemmatalis* (Erebidae); *Trichospilus diatraeae* parasitando pupas de *Diatraea saccharalis* (C - D); *Palmistichus elaeisis* parasitando pupas de *A. gemmatalis* (E) e *Bombyx mori* (Bombycidae) (F).

A coleta em campo é uma das primeiras etapas de um programa de controle biológico com parasitoides. É possível procurar e coletar manualmente ovos,



lagartas, pupas e até mesmo adultos de insetos hospedeiros em ecossistemas ou agroecossistemas, acondicionando-os em recipientes plásticos ou de vidro e transportando-os ao laboratório, evitando excesso de calor e exposição direta ao sol. No laboratório, esses hospedeiros devem ser individualizados em recipientes com boa vedação [por exemplo: tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) fechados com filme plástico PVC®], limpos e transparentes, mantidos sob condições climáticas adequadas ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $80 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas). Isso facilita a observação diária para detectar a emergência de parasitoides. No caso de lagartas e adultos coletados, sua dieta natural ou artificial deve ser fornecida até a possível emergência dos parasitoides.

Outra possibilidade de coleta de parasitoides é por meio da confecção de armadilhas utilizando ovos, lagartas ou pupas de insetos criados em laboratório como “iscas” (Figura 01). Esses hospedeiros podem ser colocados em armadilhas confeccionadas com diferentes materiais, sendo comumente utilizados saquinhos de tecido tipo voile, que reduzem a entrada de predadores, principalmente formigas. As armadilhas devem ser fixadas nas plantas onde se deseja verificar a presença de parasitoides, permanecendo por aproximadamente três a quatro dias. Esse período é suficiente para evitar excessiva exposição às condições climáticas adversas e prevenir que o hospedeiro complete seu desenvolvimento até a fase adulta. Recomenda-se, ainda, isolar o suporte da armadilha



(aplicando óleo ou graxa automotiva) para impedir o acesso de predadores. É essencial registrar os dados das coordenadas geográficas, do hospedeiro, da espécie vegetal, da data de coleta e do nome do coletor. Essas informações permitirão que taxonomistas, em caso de emergência de parasitoides, possam identificar a espécie e depositar os espécimes-testemunha em coleções científicas. Nos casos de sucesso na coleta, dos parasitoides emergidos, deve-se contabilizar o número de fêmeas e machos, alimentá-los com solução de mel a 10% e oferecer ovos ou lagartas ou pupas - preferencialmente do mesmo hospedeiro coletado ou utilizado como isca - para permitir a manutenção e a perpetuação da criação do parasitoide em laboratório (Pereira *et al.*, 2021).



Figura 01. Armadilhas contendo hospedeiros vivos para coleta de parasitoides.

Dessa forma, diversos estudos devem ser realizados (Figura 02), conforme sugerido no Capítulo 5, para que o parasitoide possa se tornar um produto biológico. Esses estudos consistem em:



**Figura. 02.** Programa de pesquisa científica e técnica para o manejo biológico sistêmico com insetos entomófagos em ambientes agrícolas e florestais.

O desenvolvimento de metodologias de multiplicação depende do conhecimento dos parâmetros biológicos do parasitoide, além de sua sensibilidade a fatores abióticos como temperatura e umidade relativa do ar (Fávero *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2016). É com base nessas etapas que os estudos com as espécies de eulofídeos em questão foram e estão sendo desenvolvidos (Figura 2).

A multiplicação de parasitoides serve como suporte para a implementação de programas de controle biológico, consolidando-os como prática recomendada no manejo integrado de pragas (Figura 03). Devido à ausência de dietas artificiais para os eulofídeos em estudo, torna-se necessário o uso de hospedeiros alternativos em grande quantidade para sua produção (Pereira *et al.*, 2021).



A qualidade da produção e da criação massiva de agentes de controle biológico está diretamente relacionada à disponibilidade de hospedeiros naturais ou alternativos para a multiplicação dos parasitoides. No caso de *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Encyrtidae), espécie com hábito gregário e alto potencial reprodutivo, o desenvolvimento depende dos recursos nutricionais oferecidos pelo hospedeiro. Quando esse apresenta qualidade, minimiza-se a competição entre as larvas, resultando na emergência de adultos viáveis e semelhantes aos encontrados naturalmente (Harvey *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2016).

Conforme exposto anteriormente, a escolha de um hospedeiro alternativo adequado para criação massiva de inimigos naturais só será vantajosa quando ele apresentar baixo custo de produção, facilidade no manejo de criação, alta capacidade reprodutiva e não comprometer a eficiência do parasitoide em seu hospedeiro natural (Pereira *et al.*, 2010b).

No caso de eulofídeos, destacam-se como hospedeiros alternativos viáveis as pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) (Zanuncio *et al.*, 2008; Fávero *et al.*, 2013; Bermúdez *et al.*, 2024) e de *Bombyx mori* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Bombycidae). Particularmente, as pupas de *B. mori* permitem a produção de progêneres de *T. howardi* com alta qualidade biológica. Essa característica está diretamente relacionada ao tamanho da pupa, que oferece recursos nutricionais abundantes para o desenvolvimento do parasitoide, apresentando desempenho compa-



rável ao observado no hospedeiro natural *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), sem redução na eficiência de parasitismo ou no desenvolvimento (Ferreira *et al.*, 2016).

Outro parâmetro crítico em sistemas de criação de parasitoides, especialmente de pupas é a densidade de fêmeas adultas por hospedeiro, que pode influenciar características biológicas como taxa de parasitismo, tamanho da progênie, razão sexual, duração do ciclo de vida (ovo-adulto) e longevidade. Logo, a definição da proporção ótima de fêmeas por pupa é essencial para garantir a qualidade dos indivíduos produzidos (Pereira *et al.*, 2010a; Pereira *et al.*, 2021).



Figura 3. Estudos necessários para o desenvolvimento de técnica de multiplicação de parasitoides.



## DENSIDADE DO PARASITOIDE E DO HOSPEDEIRO

A criação de eulofídeos e a sua utilização em programas de controle biológico requerem a avaliação da capacidade reprodutiva em função da proporção entre parasitoide e hospedeiro. O número de parasitoides por hospedeiro influencia diretamente a qualidade e a quantidade de indivíduos produzidos, devido às exigências nutricionais para seu desenvolvimento.

Além disso, compreender como os parasitoides respondem às variações na disponibilidade do hospedeiro permite avaliar a eficiência do inimigo natural no controle populacional da praga. O número de parasitoides por hospedeiro no interior de recipientes de criação afeta diversos parâmetros biológicos, incluindo:

- Produção de descendentes;
- Razão sexual da progênie;
- Capacidade de parasitismo;
- Duração do ciclo de vida (ovo-adulto);
- Tamanho corporal;
- Longevidade dos adultos emergidos.

Portanto, para otimizar a relação custo-benefício da produção, minimizando os gastos com mão de obra e maximizando o rendimento, é fundamental determinar a proporção ideal entre parasitoides e hospedeiros por unidade de criação (Tabela 1).

As pupas hospedeiras podem se defender encapsulando os ovos dos parasitoides, impedindo, assim,



seu desenvolvimento. Esses mecanismos, juntamente com a melanização, constituem as principais defesas dos insetos contra corpos estranhos em seu organismo (Schmid-Hempel, 2005).

No entanto, os parasitoides podem evadir a encapsulação através de diferentes estratégias: (1) utilizando partículas semelhantes a vírus (polidnavírus) ou (2) injetando substâncias tóxicas que interferem no reconhecimento imunológico do parasitoide pelo hospedeiro (Strand & Pech, 1995). A neutralização das defesas também pode ocorrer devido ao esgotamento do sistema imunológico do hospedeiro, cuja manutenção tem alto custo metabólico, tornando-o limitado e vulnerável às toxinas dos parasitoides (Schmid-Hempel, 2005).

Esses princípios podem explicar a variação na progênie de *P. elaeisis*, que apresentou  $426,6 \pm 52,2$  descendentes por pupa de *B. mori* na proporção de 45 fêmeas:1 pupa. Esse resultado sugere que tal densidade de parasitoides é suficiente para superar os mecanismos de defesa do hospedeiro. Entretanto, quando a densidade foi aumentada para 54 fêmeas:1 pupa, observou-se redução no número de parasitoides emergidos, possivelmente indicando a ocorrência de superparasitismo (Pereira *et al.*, 2010b).

Em estudo sobre a modulação dos principais genes da via humoral na interação entre *D. saccharalis* (organismo não modelo) e diferentes agentes de controle biológico, verificou-se que os genes DsDorsal, DsSTAT, DsPPO1 e DsPPO2 foram induzidos em larvas em resposta a *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera:



Eulophidae), mas não em pupas. Esses resultados demonstram a adaptabilidade de *T. howardi* a *D. saccharalis*, particularmente na fase de pupa (Reis *et al.*, 2025).

Dante desses achados, estudos adicionais são necessários para determinar a proporção ideal de fêmeas parasitoides por hospedeiro.

**Tabela 01.** Número adequado de fêmeas adultas de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) por pupa hospedeira para multiplicação desses parasitoides em 24 horas de parasitismo sob condições de laboratório. (Pereira *et al.*, 2021).

Número de fêmeas	Hospedeiro (pupa)	Autores
45 fêmeas de <i>P. elaeisis</i>	<i>B. mori</i>	Pereira <i>et al.</i> , 2010b
15 fêmeas de <i>P. elaeisis</i>	<i>T. arnobia</i>	Barbosa <i>et al.</i> , 2016
07 fêmeas de <i>P. elaeisis</i>	<i>T. molitor</i>	Moreira <i>et al.</i> , 2016
06 fêmeas de <i>P. elaeisis</i>	<i>A. gemmatalis</i>	Pastori <i>et al.</i> , 2012b
05 fêmeas de <i>T. howardi</i>	<i>A. gemmatalis</i>	Fernandes, 2018
14 fêmeas de <i>T. howardi</i>	<i>B. mori</i>	Rodrigues <i>et al.</i> , 2012
07 fêmeas de <i>T. howardi</i>	<i>S. frugiperda</i>	Lucchetta, 2016
07 fêmeas de <i>T. howardi</i>	<i>T. molitor</i>	Oliveira, 2013
07 fêmeas de <i>T. howardi</i>	<i>D. saccharalis</i>	Vargas, 2013
15 fêmeas de <i>T. howardi</i>	<i>Galleria mellonella</i>	Borase <i>et al.</i> , 2024
21 fêmeas de <i>T. diatraeae</i>	<i>B. mori</i>	Calado <i>et al.</i> , 2014
28 fêmeas de <i>T. diatraeae</i>	<i>S. frugiperda</i>	Zaché, 2012
21 fêmeas de <i>T. diatraeae</i>	<i>T. molitor</i>	Fávero <i>et al.</i> , 2013
14 fêmeas de <i>T. diatraeae</i>	<i>D. saccharalis</i>	Vargas <i>et al.</i> , 2013a
28 fêmeas de <i>T. diatraeae</i>	<i>T. arnobia</i>	Zaché <i>et al.</i> , 2011
08 fêmeas de <i>T. diatraeae</i>	<i>D. hyalinata</i>	Silva <i>et al.</i> , 2014
10 fêmeas de <i>T. diatraeae</i>	<i>A. gemmatalis</i>	Oliveira <i>et al.</i> , 2018

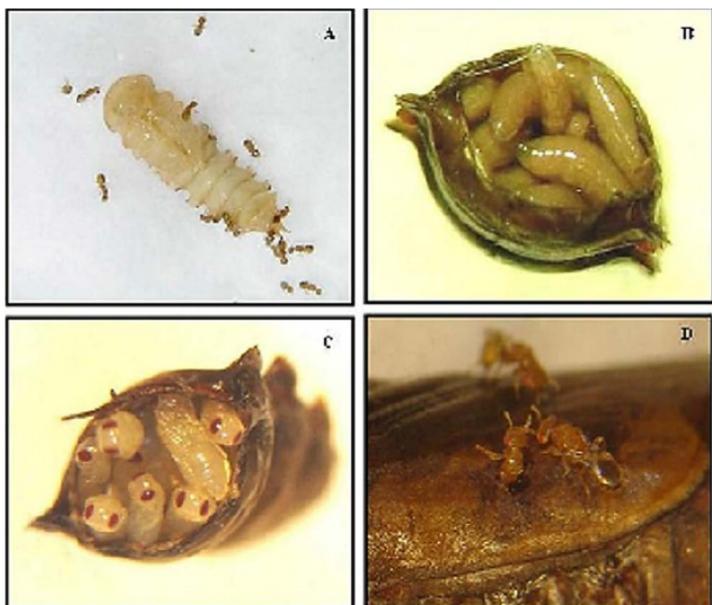


Figura 04. Pupa de *Tenebrio molitor* sendo parasitada por *T. diatraeae* (A); Imaturos: *T. molitor* (B); *T. diatraeae* emergindo de uma pupa de *T. molitor*

## IDADE DO HOSPEDEIRO E DO PARASITOIDE

A idade do hospedeiro pode influenciar significativamente o parasitismo, afetando o número e o tamanho dos indivíduos emergidos, com importantes implicações para:

- Criação massiva;
- Experimentação em laboratório;
- Seleção de indivíduos para liberação em campo.

Observou-se que pupas de *B. mori* com 24 e 96 horas de idade produziram menor quantidade de descendentes de *P. elaeisis*, sugerindo que essas faixas etárias são menos adequadas para o desenvolvi-



mento desse parasitoide (Pereira *et al.* 2009a). Esse efeito provavelmente está relacionado às mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem durante a fase pupal, incluindo processos de histólise, histogênese e diferenciação tecidual (Chapman, 1998).

Em contraste, pupas na faixa etária de 48 a 72 horas demonstraram maior adequação para o desenvolvimento de *P. elaeisis*, resultando em progênieis mais numerosas (Pereira *et al.*, 2009a). Embora os mecanismos exatos ainda não sejam completamente compreendidos, as transformações pupais parecem determinar diretamente o grau de suscetibilidade do hospedeiro à ação do parasitoide.

## IDADE DA FÊMEA PARASITOIDE

A idade da fêmea parasitoide pode influenciar significativamente:

- A taxa de parasitismo;
- A produção total de descendentes;
- A razão sexual da progênie.

Esses parâmetros variam conforme a espécie de eulofídeo estudada (Tabela 5).

De acordo Zhong *et al.*, 2016, o sistema reprodutivo de *T. howardi* apresenta as seguintes características:

- Dois ovários, cada um contendo geralmente 8 a 9 ovaríolos;
- Duas glândulas acessórias no oviduto;
- Uma espermatoteca.



Fêmeas recém-emergidas (índice de ovigenia = 0) não possuem óvulos maduros nos ovários. Os processos de oogênese e vitelogênese iniciam-se aproximadamente 12 horas após a emergência, sendo que óvulos maduros são observados apenas em fêmeas com 24 horas de idade (Zhong *et al.*, 2016). Portanto, a faixa etária ideal para reprodução das fêmeas adultas desse parasitoide situa-se entre 24 e 48 horas após a emergência (Oliveira, 2013).

## DESENVOLVIMENTO OVARIANO E EFICIÊNCIA REPRODUTIVA EM PARASITOIDES DE PUPA

Fêmeas de *P. elaeisis* apresentam ovários constituídos por quatro ovaríolos, atingindo a maturidade reprodutiva com 48 horas de idade quando se observa uma quantidade significativa de ovos prontos para oviposição (Andrade *et al.*, 2012). De forma similar, em *T. diatraeae*, ovócitos maduros são encontrados em fêmeas com 48 horas de idade, marcando o período de plena capacidade reprodutiva (Andrade, 2010).

Os parasitoides empregam diversas estratégias para garantir o sucesso de sua progênie, incluindo a injeção de:

- Secreções ovarianas;
- Fluidos do cálice;
- Venenos;
- Teratócitos;
- Partículas virais.



Esses componentes atuam modulando a resposta imune (celular e humoral) do hospedeiro durante a oviposição. Estudos demonstraram que pupas de *A. gemmatalis* apresentam menor capacidade de defesa celular quando parasitadas por:

- Fêmeas de *T. diatraeae* com até 48 horas pós-emergência;
- Fêmeas de *P. elaeisis* com 72 a 96 horas.

Observou-se que o aumento da idade das fêmeas nessas espécies resulta em maior taxa de reabsorção ovular. Consequentemente, em programas de criação massiva, fêmeas de: *T. diatraeae*, com idade superior a 48 horas, e de *P. elaeisis*, com idade superior a 96 horas, apresentam redução significativa em seu desempenho reprodutivo (Andrade, 2010).

De modo geral, o sucesso na criação de *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis* em diferentes hospedeiros requer a consideração simultânea de dois fatores críticos como a idade ideal do parasitoide e a idade adequada do hospedeiro. Esses parâmetros devem ser rigorosamente observados conforme especificado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Idade de fêmeas adultas de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) e da pupa hospedeira mais adequada para a multiplicação desses parasitoides (Pereira *et al.*, 2021).

Parasitoide	Idade da fêmea adulta	Autores
<i>P. elaeisis</i>	72 a 96 horas	Pereira <i>et al.</i> , 2009a
<i>T. diatraeae</i>	48 a 72 horas	Glaeser, 2011
<i>T. howardi</i>	24 a 48 horas	Zhong <i>et al.</i> , 2016



Hospedeiro	Idade da pupa	Autores
<i>B. mori</i>	48 a 72 horas	Pereira <i>et al.</i> , 2009a
<i>T. molitor</i>	12 a 24 horas	Oliveira, 2013
<i>A. gemmatalis</i>	24 a 96 horas	Pastori <i>et al.</i> , 2012b
<i>D. hyalinata</i>	24 a 144 horas	Silva <i>et al.</i> , 2015
<i>D. saccharalis</i>	24 a 120 horas	Costa <i>et al.</i> , 2014a
<i>S. frugiperda</i>	24 a 120 horas	Lucchetta, 2016

**Período de parasitismo.** Ao localizar um hospedeiro potencial, a fêmea do parasitoide inicia o processo de reconhecimento através da inserção do ovipositor. Caso o hospedeiro seja considerado adequado, de acordo com Cônsoli & Vinson, 2009, ocorre a seguinte sequência comportamental: 1. Injeção de substância tóxica; 2. Oviposição efetiva; 3. Marcação do hospedeiro; 4. Retirada do ovipositor; 5. Dispersão da fêmea. Dessa forma, a duração desse processo varia conforme a espécie do parasitoide e a espécie e o estágio de desenvolvimento do hospedeiro.

Em condições experimentais, geralmente considera-se 24 horas como período suficiente para completar a avaliação e a oviposição. No entanto, estudos com *T. howardi* demonstraram que o sucesso reprodutivo em lagartas de 3º instar de *D. saccharalis* foi significativamente maior após 96 horas de exposição em laboratório (Costa *et al.*, 2014b). Como parasitoide preferencial de pupas, *T. howardi* pode requerer mais tempo para superar as defesas imunológicas de lagartas. Em condições de semicampo e campo, o processo é mais complexo, envolvendo: busca pelo habitat adequado,



localização do hospedeiro, reconhecimento e oviposição. Portanto, essas etapas adicionais exigem períodos superiores a 24 horas para conclusão do parasitismo.

**Tamanho do hospedeiro.** Fêmeas de parasitoides podem regular o tamanho de sua progênie de acordo com a variação no peso (biomassa) da pupa hospedeira. Pupas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), com  $240 \pm 4$  mg, e de *Bombyx mori*, com  $1200 \pm 50$  mg, proporcionaram progêneres de  $110,2 \pm 19,4$  e  $511,0 \pm 49,7$  indivíduos de *P. elaeisis*, respectivamente (Pereira *et al.*, 2010a). Pupas de *T. arnobia*, com  $187,4 \pm 10,1$  mg, e de *Hylesia paulex* Dognin, 1922 (Lepidoptera: Saturniidae), com  $468,7 \pm 24,3$  mg, resultaram em progêneres de  $141,4 \pm 17,3$  e  $341,8 \pm 33,6$  indivíduos de *T. diatraeae*, respectivamente (Pastori *et al.*, 2012a).

Desse modo, ao se instalarem experimentos de biologia comparada nesses parasitoides, é fundamental padronizar o peso das pupas hospedeiras em todos os tratamentos, evitando resultados discrepantes entre as repetições. Além disso, pupas de fêmeas e machos dos insetos hospedeiros podem apresentar tamanhos distintos, o que também deve ser considerado na seleção de pupas para avaliação da eficiência biológica de parasitoides eulofídeos (Pereira *et al.*, 2021).

## USO DE HOSPEDEIRO ALTERNATIVO

Diversas espécies de lepidópteros presentes em agroecossistemas, como *Anticarsia gemmatalis*, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), *Spodoptera cosmioi-*



des (Walker, 1858) e *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) (Lepidoptera: Noctuidae), são facilmente criadas em laboratório e servem como excelentes hospedeiros para a multiplicação de *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi*. No entanto, em campo, a fase pupal dessas espécies ocorre predominantemente no solo, a até cinco centímetros de profundidade, o que dificulta sua localização e parasitismo por esses inimigos naturais. Portanto, o conhecimento prévio do local onde as pupas do hospedeiro permanecerão até a emergência dos adultos deve ser considerado ao elaborar experimentos voltados à composição de programas de controle biológico com esses parasitoides.

É importante ressaltar que pupas de *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) presentes na serrapilheira de plantios de eucalipto foram naturalmente parasitadas por *T. diatraeae*, indicando que esse parasitoide também forrageia nos substratos rentes ao solo (Lucchetta *et al.*, 2022).

Outro ponto relevante é pensar se a criação de parasitoides por várias gerações em hospedeiros alternativos compromete sua eficiência de parasitismo sobre o hospedeiro natural. O desempenho reprodutivo de *P. elaeisis* em pupas de *T. arnobia* (parasitismo, emergência, progénie, longevidade e razão sexual) foi semelhante após seis gerações de criação em pupas de *A. gemmatalis* ou *Bombyx mori*. Assim, esses hospedeiros alternativos podem ser utilizados para a criação de *P. elaeisis* sem prejuízo à sua capacidade de controle do hospedeiro natural (Pereira *et al.*, 2010a).



A criação sucessiva de *T. howardi* em pupas de *T. molitor* não afetou o número de pupas parasitadas nem a emergência no hospedeiro natural *D. saccharalis*, contribuindo ainda para aumento da progênie por pupa e gerando indivíduos maiores e com maior longevidade, tanto em fêmeas quanto em machos. A razão sexual permaneceu estável nas duas condições testadas. Dessa forma, *T. howardi* pode ser criado em *T. molitor* por até três gerações sem comprometimento do desempenho reprodutivo no hospedeiro natural *D. saccharalis* (Oliveira, 2013). Essa eficiência foi mantida por até 30 gerações (Bermúdez *et al.*, 2024). Da mesma maneira, a multiplicação de *T. howardi* em *B. mori* por três gerações consecutivas não comprometeu suas características biológicas ao ser posteriormente ofertado o hospedeiro natural (Ferreira *et al.*, 2016).

Já a criação sucessiva de *T. diatraeae* no hospedeiro alternativo *T. molitor* não afetou o número de pupas parasitadas nem a emergência dos parasitoides no hospedeiro natural *D. saccharalis*, tendo ainda aumentado a longevidade das fêmeas e a razão sexual da progênie. A progênie total, a duração do ciclo (ovo a adulto), a largura da cápsula cefálica e a longevidade dos machos foram semelhantes entre os tratamentos. Portanto, *T. diatraeae* pode ser criado em *T. molitor* por até três gerações sem perda de desempenho reprodutivo no hospedeiro natural (Figura 03) (Glaeser *et al.*, 2014). No entanto, recomenda-se, sempre que possível, realizar a rotação entre hospedeiros naturais e alternativos para preservar a qualidade biológica dos parasitoides eulofídeos.



A duração do ciclo ovo-adulto do hospedeiro de criação é outro fator importante na sua escolha. O ciclo de vida de *T. molitor* é de aproximadamente quatro meses, dependendo da temperatura. Assim, é fundamental manter uma criação com indivíduos em todas as fases (ovos, larvas de diferentes instares, pupas e adultos), garantindo a oferta diária de pupas para multiplicação dos parasitoides (Pereira *et al.*, 2021).

## RECIPIENTES DE MULTIPLICAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE PARASITOIDES

Os índices de parasitismo, a emergência e o número de descendentes produzidos por *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi*, em experimentos conduzidos em recipientes menores com maior controle do espaço de forrageamento, como tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm), podem ser superiores aos obtidos em recipientes maiores, comumente utilizados em criações em larga escala. Esse fator deve ser considerado para garantir maior precisão na estimativa da escala de produção dos parasitoides.

O recipiente ou a gaiola deve ser transparente, permitindo a visualização adequada e a entrada de luz, além de oferecer ventilação eficiente. A facilidade de manipulação dos parasitoides e de seus hospedeiros é um requisito fundamental para o sucesso da criação em laboratório.

Um exemplo de recipiente utilizado no LECOBIOL (Laboratório de Controle Biológico de Insetos da UFGD) é o coletor tipo universal, transparente e com tampa rosqueável (ver imagem). Esse modelo permite



o monitoramento das atividades dos parasitoides e hospedeiros, além de apresentar praticidade no manuseio, no transporte e na aquisição. Outro recipiente eficiente é o tubete (Figura 05), que aumenta a praticidade por possibilitar seu uso tanto na criação quanto na liberação dos parasitoides. Essa estratégia reduz a demanda de mão de obra e os custos de produção.



**Figura 05.** Produção de parasitoides de pupa *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* no Lecobiol.

## EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E ESTIMATIVA DO NÚMERO DE GERAÇÕES DOS PARASITOIDES PARA DIFERENTES LOCALIDADES

O conhecimento das exigências térmicas dos parasitoides é fundamental para programar a produção de lotes de criação, bem como para estimar os potenciais efeitos da temperatura nas áreas de liberação. Essas



informações permitem prever e controlar a produção em laboratório, estabelecer a temperatura ótima para o desenvolvimento, sincronizar as criações do inseto-praga e do inimigo natural, além de estimar o número de gerações anuais ou ao longo do ciclo de produção das culturas em determinada região. Adicionalmente, esse conhecimento contribui para uma melhor compreensão da eficiência biológica do parasitoide em condições de campo, considerando as adversidades climáticas enfrentadas após a liberação.

**Tabela 03.** Exigências térmicas de *Palmistichus elaeisis*, *Trichospilus diatraeae* e *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de Lepidoptera.

Parasitoide	Hospedeiro	Tb (°C)	K (GD)	NGA)	Autores
<i>P. elaeisis</i>	<i>T. arnobia</i>	3,92	478,85	14,10	Pereira et al., 2011
<i>P. elaeisis</i>	<i>A. gemmatalis</i>	5,02	405,56	*	Bittencourt et al., 2004
<i>P. elaeisis</i>	<i>D. saccharalis</i>	7,50	353,10	*	Bittencourt et al., 2004
<i>P. elaeisis</i>	<i>H. virescens</i>	6,95	406,90	*	Bittencourt et al., 2004
<i>P. elaeisis</i>	<i>S. frugiperda</i>	5,30	407,74	*	Bittencourt et al., 2004
<i>T. diatraeae</i>	<i>D. saccharalis</i>	9,37	257,60	18,50	Rodrigues, 2010
<i>T. howardi</i>	<i>D. saccharalis</i>	9,66	292,89	15,86	Rodrigues et al., 2013)

Temperatura base (Tb), Constante térmica (K), número de gerações por ano (NGA).

-\*NGA não estimada.



*Palmistichus elaeisis* e *T. diatraeae* desenvolvem-se em laboratório na faixa térmica de 16 a 28 °C em pupas de *D. saccharalis* e *T. arnobia*, respectivamente. O número estimado de gerações de *T. diatraeae* por ano é maior que o de *D. saccharalis* e *T. arnobia* (Tabela 3), um atributo importante desse parasitoide para reduzir a população de *D. saccharalis* em menor tempo (Pereira *et al.*, 2011; Rodrigues, 2010; Rodrigues *et al.*, 2013).

Os requisitos térmicos de *P. elaeisis* foram determinados criando esse parasitoide em pupas dos seguintes hospedeiros lepidópteros: *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777) e *S. frugiperda*. A constante térmica do período ovo-adulto variou de 353,1 (*D. saccharalis*) a 407,7 graus-dia (*S. frugiperda*), enquanto o limiar térmico inferior variou de 5,0 °C (*A. gemmatalis*) a 7,5 °C (*D. saccharalis*) (Tabela 3) (Bittencourt *et al.*, 2004).

*Tetrastichus howardi* apresenta 100% de emergência em pupas de *D. saccharalis* entre 16 e 31 °C. Sua temperatura base ( $T_b$ ) e constante térmica ( $K$ ) são 9,6°C e 292,8 graus-dia (GD), respectivamente. O número estimado de gerações anuais de *T. howardi* para Dourados-MS, Jaboticabal-SP, Uberaba-MG, Itumbiara-GO e Campo Mourão-PR é de 15,86; 16,04; 16,20; 17,97; e 13,29 gerações/ano, respectivamente. Esses valores indicam maior número de gerações do parasitoide em comparação a *D. saccharalis* (Fávero, 2013), evidenciando seu potencial como agente de controle biológico da broca-da-cana-de-açúcar.



Para *T. howardi*, os parâmetros da tabela de vida de fertilidade mostram maior taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) a 25 °C, enquanto a taxa intrínseca de crescimento populacional ( $r_m$ ) é superior a 25, 28 e 31 °C. Temperaturas entre 19 e 28 °C proporcionam maior desempenho do parasitoide em pupas de *D. saccharalis*, com fecundidade e longevidade elevadas. De modo geral, temperaturas entre 16 e 31 °C são favoráveis ao desenvolvimento de *T. howardi* nesse hospedeiro (Fávero et al., 2015). Tais informações validam a adequação hospedeira e embasam programas de controle biológico utilizando esses parasitoides.

Segundo registros da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, a temperatura média máxima nos últimos 30 anos no verão (janeiro a março) foi de 31,6 °C, e a mínima de 20,7 °C. No inverno (junho a agosto), a média máxima foi de 26,3 °C, e a mínima de 13,1 °C. Contudo, aumentos de pelo menos 2°C/hora no verão são frequentes, com registros superiores a 37 °C (Pereira et al., 2021).

Em condições laboratoriais, eulofídeos demonstraram adaptação a essas oscilações térmicas. *Trichospilus diatraeae* apresentou 100% de sobrevivência mesmo sob oscilações de até 39 °C, com parasitismo de 73% (Glaeser et al., 2016), enquanto *T. howardi* tolerou temperaturas de até 41 °C, mantendo 100% de sobrevivência e taxa de parasitismo de 86,7% em pupas de *D. saccharalis*.



## ARMAZENAMENTO DO HOSPEDEIRO E DO PARASITOIDE EM BAIXAS TEMPERATURAS

Um dos principais desafios para a implementação bem-sucedida de programas de produção e uso de parasitoides é a necessidade de produzi-los em grandes quantidades e a baixo custo, garantindo sua disponibilidade para liberações inundativas no momento adequado. A maioria dos parasitoides utilizados no controle biológico possui ciclo de vida curto (ovo-adulto) e longevidade reduzida na fase adulta, exigindo produção contínua e logística eficiente para distribuição, seja na forma de pupas, seja na forma adulta. Nesse contexto, o desenvolvimento de métodos eficazes de armazenamento é essencial para aumentar a disponibilidade e reduzir os custos de produção.

O armazenamento em baixas temperaturas é uma estratégia valiosa para prolongar o desenvolvimento de parasitoides, assegurando oferta constante e em quantidade suficiente para o controle biológico de pragas. Esse método também permite compensar variações sazonais na produção ou nas demandas inesperadas. No entanto, efeitos adversos podem ocorrer, como redução na aptidão dos indivíduos sobreviventes imediatamente após o armazenamento ou em gerações subsequentes. Portanto, é fundamental compreender os efeitos do estresse induzido pelo frio antes de adotar essa prática (Pereira *et al.*, 2021).

O armazenamento de pupas de *A. gemmatalis* a 0 °C ou 5 °C antes da exposição a *T. diatraeae* reduziu as



taxas de emergência, o número de indivíduos e a longevidade da progênie. Quando pupas já parasitadas foram armazenadas por mais de 24 horas, observou-se declínio nos parâmetros biológicos do parasitoide. Contudo, o armazenamento a 5 °C por até 24 horas não afetou a reprodução de *T. diatraeae*, sendo viável para embalagem e transporte (Pastori *et al.*, 2013).

Pupas de *B. mori* (48–72 horas de idade) armazenadas a 10 °C por 5 a 20 dias foram parasitadas por *P. elaeisis*. O ciclo de vida do parasitoide foi mais curto em pupas armazenadas por 15 dias. O parasitismo atingiu 100%, com emergência de 78–100% da progênie. A maior produção de descendentes ocorreu após 15 dias de armazenamento, indicando que pupas de *B. mori* podem ser armazenadas por até 15 dias a 10 °C para criação desse parasitoide (Pereira *et al.*, 2009b).

A maioria das características biológicas de *P. elaeisis* não foi afetada pelo armazenamento de pupas de *T. molitor* a 5,2 °C por até 40 dias. Essa flexibilidade permite a produção em larga escala do parasitoide, utilizando hospedeiros acumulados previamente (Kodama *et al.*, 2011).

Pupas de *D. saccharalis* armazenadas a 10 °C por até 25 dias permitiram a multiplicação de *T. howardi* sem efeitos negativos imediatos. No entanto, a qualidade das gerações parental e F1 diminuiu com o aumento do período de exposição ao frio durante a fase imatura do parasitoide. Recomenda-se armazenamento por no máximo 10 dias a 10 °C para preservar os parâmetros biológicos (Fávero, 2013).



Pupas de *T. molitor* armazenadas a  $0,5 \pm 0,09$  °C (10 dias) ou  $2,7 \pm 0,11$  °C (20 dias) foram adequadas para produção de *T. howardi*. Além disso, pupas parasitadas podem ser mantidas a 10,3 °C por até 10 dias sem comprometer a qualidade dos adultos. Essa abordagem é especialmente útil para biofábricas que demandam produção em larga escala (Tiago *et al.*, 2019).

## EFEITOS DA PRODUÇÃO DE PARASITOIDES EM LABORATÓRIO E ESTRATÉGIAS PARA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE BIOLÓGICA

A multiplicação de parasitoides em laboratório por várias gerações pode levar a alterações genéticas que se mantêm em parte da população devido à amostragem limitada da variabilidade genética da espécie. Com o tempo, indivíduos geneticamente “alterados” podem sofrer degeneração (Figura 06) (Dias *et al.*, 2008).



**Figura 06.** Criação de matrizes de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)



Uma estratégia para reduzir a endogamia é a utilização de populações fundadoras grandes, garantindo variabilidade genética suficiente. O tamanho ideal varia conforme a espécie, e, em muitos casos, o número inicial de indivíduos pode não ser crítico, desde que haja expansão populacional nas primeiras gerações (Pereira *et al.*, 2021).

Vale destacar que os eulofídeos em estudo são naturalmente gregários, parasitam preferencialmente pupas e apresentam baixa proporção de machos na descendência. Os machos emergem primeiro e aguardam as fêmeas (suas “irmãs”) para acasalar, o que torna a endogamia um processo intrínseco a essas espécies. Portanto, é essencial avaliar se múltiplas gerações em laboratório afetam seu desempenho biológico.

A degeneração pode ser identificada por:

- Alterações no período de desenvolvimento;
- Diminuição da fecundidade;
- Desequilíbrio na razão sexual (aumento de machos);
- Redução da longevidade;
- Mudanças comportamentais;
- Redução no tamanho corporal.

Para minimizar esses efeitos, recomenda-se a introdução periódica de indivíduos selvagens (coletados em campo) nas criações laboratoriais. Essa prática aumenta a variabilidade genética, mas exige cautela, pois pode causar depressão inicial na geração F1 devido à incompatibilidade com microrganismos citoplasmá-



ticos (ex.: *Wolbachia* e outros simbiontes) e à adaptação a hospedeiros alternativos (Sorensen *et al.*, 2012). Assim, parasitoides coletados em campo devem ser mantidos em criação isolada por pelo menos cinco gerações antes de serem incorporados à produção massiva em biofábricas.

A qualidade deve ser monitorada por meio de características biológicas após sucessivas gerações. Exemplos: *Tetrastichus howardi*, criado em pupas de *D. saccharalis* por 25 gerações, manteve taxas de parasitismo e razão sexual estáveis, embora com variações no ciclo de vida, na longevidade e no tamanho da cápsulacefálica (Vargas, 2013). *Trichospilus diatraeae* e *P. elaeisis*: Após 20 gerações em pupas de *D. saccharalis*, não houve comprometimento significativo da qualidade biológica (Calado, 2015).

Pequenas variações nos protocolos de criação podem impactar negativamente a produção (Pereira *et al.*, 2021). Fatores críticos incluem:

- Proporção inadequada de fêmeas por hospedeiro;
- Uso de pupas hospedeiras com idade avançada;
- Deformidades ou tamanho inadequado do parasitoide/hospedeiro;
- Contaminações por microrganismos.

Portanto, diversos critérios devem ser utilizados para garantir a qualidade dos parasitoides produzidos em laboratórios de pesquisa e biofábricas (Figura 07).

## CONTROLE DE QUALIDADE DE PARASITOIDES



**Figura 07.** Recomendações para produção de parasitoides *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* com qualidade

## IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DE PARASITOIDES: AVANÇOS E APLICAÇÕES NO CONTROLE BIOLÓGICO

*Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *T. diatraeae*, *P. elaeisis* e *T. howardi* possuem significativa importância econômica e ecológica, tornando sua correta identificação fundamental para o sucesso de programas de controle biológico. Nesse contexto, abordagens moleculares de sequenciamento genômico surgem como ferramentas complementares para a identificação e a diferenciação precisas dessas espécies de parasitoides.

Espécimes de *T. diatraeae*, *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. pretiosum* foram preservados em álcool absoluto, com posterior extração de DNA, utilizando o kit DNeasy® Blood & Tissue (Qiagen). Após quantificação, os pools



de DNA foram sequenciados na plataforma Illumina NovaSeq 6000. O método de extração demonstrou alta qualidade, permitindo a identificação de variantes específicas para cada espécie. As sequências obtidas foram depositadas no GenBank sob os códigos de acesso: SAMN48318921 (*T. diatraeae*), SRS24932169 (*T. pretiosum*), SRS24932171 (*P. elaeisis*) e SRS24932172 (*T. howardi*) (Palombo, 2025).

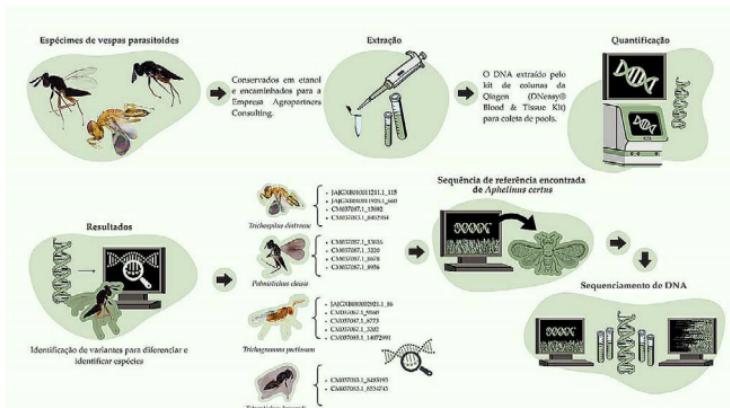
O desenvolvimento desse protocolo otimizado para extração, quantificação e sequenciamento de DNA de alta qualidade representa um avanço significativo para estudos genômicos aplicados ao controle biológico (Figura 08). A padronização metodológica e o depósito das sequências em bancos de dados públicos como o GenBank permitem estudos comparativos inter-regionais, análises filogenéticas robustas e revisões sistemáticas da taxonomia desses grupos (Ratnasingham *et al.*, 2007).

A detecção de variantes genéticas específicas (SNPs e indels) em regiões conservadas é particularmente valiosa para: 1. Diferenciação de espécies crípticas; 2. Identificação de complexos de espécies; 3. Monitoramento da pureza genética em criações massais (Hebert *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2008).

As sequências depositadas auxiliam em diversas aplicações práticas como: monitoramento da dispersão de indivíduos em campo, verificação do estabelecimento populacional, identificação precisa de espécies após recoleta e avaliação do controle de qualidade em biofábricas. Parasitoides mantidos em



criação contínua enfrentam riscos como: contaminação por outras espécies, formação de espécies crípticas ou híbridos não eficazes, perda de especificidade pelo hospedeiro-alvo e adaptação ao hospedeiro de criação (Ye *et al.*, 2024). Assim a integração de dados genômicos às rotinas de biofábricas permite que sejam desenvolvidas novas linhagens adaptadas a diferentes condições ambientais, além da seleção de indivíduos resistentes a estresses térmicos e inseticidas e melhoria contínua da qualidade dos parasitoides produzidos. Os avanços obtidos no sequenciamento e análise genética de *T. diatraeae*, *P. elaeisis*, *T. pretiosum* e *T. howardi* fortalecem as bases científicas para sua produção massiva e para a aplicação em programas de controle biológico, representando um importante passo para a otimização dessas estratégias de manejo integrado de pragas (Palombo, 2025).



**Figura 08.** Esquema de extração e DNA e sequenciamento de *Trichospilus diatraeae*, *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Chalcidoidea). Fonte: (Palombo, 2025).



## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO BIOLÓGICO DE PARASITOIDES

O processo de parasitismo inicia-se quando a fêmea do parasitoide examina seu hospedeiro utilizando principalmente as antenas e o ovipositor. Durante esse processo, ela insere o ovipositor, podendo injetar veneno e/ou polidnavírus e deposita seus ovos. Após a eclosão, as larvas iniciam sua alimentação e desenvolvimento no hospedeiro.

### MECANISMOS DE LOCALIZAÇÃO DO HOSPEDEIRO

Os parasitoides localizam seus hospedeiros através de:

1. Pistas químicas emitidas pelas plantas;
2. Compostos voláteis liberados durante a alimentação do hospedeiro;
3. Presença de fezes do hospedeiro;
4. Feromônios sexuais (no caso de machos localizando fêmeas).

### PROCESSO DE SELEÇÃO DO HOSPEDEIRO

A fêmea parasitoide:

1. Examina a planta ou substrato;
2. Realiza tamborilamento com as antenas para avaliar o tamanho do hospedeiro;
3. Insere o ovipositor para verificar a qualidade nutricional;
4. Determina a quantidade de ovos a ser depositada com base na avaliação.



## DINÂMICA DO PARASITISMO

Nem sempre ocorre emergência de parasitoides em hospedeiros parasitados (ovos, lagartas, pupas ou adultos). Podemos observar diferentes cenários:

- Alto parasitismo (>70%) com baixa emergência (<40%);
- Baixo parasitismo (<40%) com alta emergência (>70%);
- Variação na progênie (número de indivíduos produzidos por hospedeiro).

## ÍNDICE DE PRODUÇÃO EM BIOFÁBRICAS

Para estimativa real da produção, propõe-se calcular:

$$\text{Índice de Produção} = (\text{Taxa de Parasitismo} \times \text{Taxa de Emergência} \times \text{Progênies}) / 100$$

### Exemplo Prático:

Lote	Pupas	Parasitismo	Emergência	Progênie/pupa	Produção Total
1	100	80%	50%	70	2.800
2	100	50%	100%	70	3.500

## APLICAÇÕES PRÁTICAS:

### 1. Controle biológico em campo:

- Alta taxa de parasitismo é prioritária, mesmo com baixa emergência;
- Impede o desenvolvimento do inseto-praga;
- Pode ser complementado com liberações adicionais.



## 2. Produção em Biofábricas:

- As três variáveis devem ser consideradas conjuntamente;
- Protocolo validado para:
- T. howardi* e *P. elaeisis*: 12-15 fêmeas/2 pupas;
- T. diatraeae*: 25-30 fêmeas/5 pupas.

### Estimativa de produção de parasitoides por 100 pupas.

Espécie	Progênie/pupa	Produção/100 pupas
<i>P. elaeisis</i>	150	10.683
<i>T. howardi</i>	225	17.363
<i>T. diatraeae</i>	307	28.306

Esse novo parâmetro de estimativa representa um importante indicador de qualidade para lotes comerciais, auxiliando o planejamento de criações laboratoriais e as liberações em campo (Dias, 2024).

## CARACTERÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO BIOLÓGICO DE PARASITOIDES

### 1. Taxa de parasitismo (%)

Cálculo:  $[(\text{Número de pupas sem emergência de adultos do hospedeiro}) / (\text{Número total de pupas})] \times 10$ .

### 2. Taxa de emergência (%)

Cálculo:  $[(\text{Número de pupas com emergência de parasitoides}) / (\text{Número de pupas parasitadas})] \times 100$ .



### **3. Duração do ciclo ovo-adulto (dias)**

Período entre a exposição da pupa ao parasitoide e a emergência dos adultos.

### **4. Número de imaturos não desenvolvidos**

Quantificação de larvas, pré-pupas e pupas de parasitoide que não completaram o desenvolvimento no interior da pupa hospedeira.

### **5. Progênie total**

Número total de parasitoides adultos emergidos por pupa hospedeira.

### **6. Estimativa de produção do lote (IPI)**

Cálculo:  $(\text{Parasitismo} \times \text{Emergência} \times \text{Progênie}) / 100$ .

### **7. Razão sexual**

Proporção de fêmeas em relação ao total de indivíduos:  $\text{♀}/(\text{♀}+\text{♂})$ .

### **8. Longevidade de adultos (dias)**

#### ◊ Método:

- Utilizar no mínimo 20 fêmeas e 10 machos, individualizados em tubos de vidro;
  - Fornecer gotículas de mel puro como alimento;
  - Registrar mortalidade e a temperatura da sala experimental diariamente em horário fixo.
- ◊ Definição: Período entre a emergência e a morte do adulto.



## 9. Tamanho corporal (comprimento da tíbia posterior)

### ◊ Método:

- Medir 10 fêmeas e 5 machos selecionados aleatoriamente;
- Considerar da articulação femural até a junção com o tarso (Olson & Andow, 1998);
- Utilizar microscópio estereoscópico com câmera acoplada e software de análise de imagem.

## 10. Mortalidade natural do hospedeiro (controle)

### ◊ Protocolo:

- Manter mínimo de 20 pupas em condições idênticas às do experimento;
- Individualizar em tubos de vidro para monitorar emergência;
- Aplicar correção de Abbott (1925) para discriminar mortalidade por parasitismo de outros fatores.

## 11. Capacidade de voo

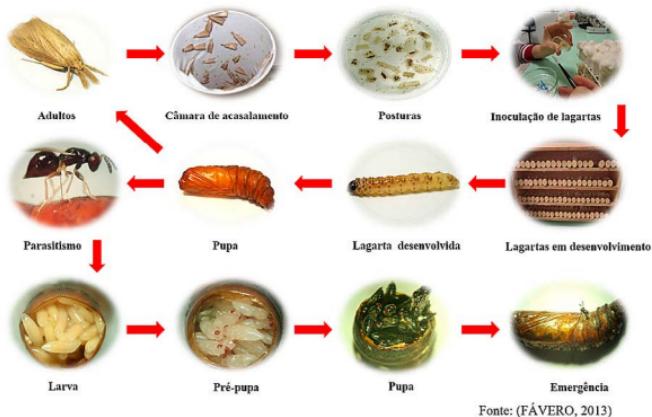
- ◊ **Importância:** Indicador de qualidade relacionado à dispersão e à eficiência de campo.
- ◊ **Metodologia:** Seguir protocolo adaptado de Feltrin-Campos *et al.* (2016).

## PROTOCOLO DE PRODUÇÃO DE PARASITOIDES

Para produção em larga escala desses parasitoides, são utilizadas pupas de diversas espécies hospedeiras, incluindo *Chrysoideixis includens* (Walker,



1858) (Lepidoptera: Noctuidae), *B. mori*, *T. molitor*, *A. gemmatalis*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *D. saccharalis*. Dentre elas, *D. saccharalis* destaca-se como a espécie de hospedeira mais adequada, apresentando excelentes parâmetros biológicos: parasitismo (100%), emergência (100%), razão sexual (0,90) e descendência por pupa (322) quando submetida ao parasitismo por uma fêmea de *T. howardi* com 24 horas de idade (Figura 09).



Fonte: (FÁVERO, 2013)

Figura 09. Esquema de criação de *Tetrastichus howardi* em seu hospedeiro natural *Diatraea saccharalis*.

A produção massiva pode ser realizada em diversos tipos de recipientes, como:

- Bandejas de acrílico ou plástico;
- Potes plásticos de variados formatos e tamanhos;
- Gaiolas especiais.



Esses sistemas permitem a produção de grandes quantidades de parasitoides sem comprometer a qualidade biológica.

No LECOBIOL, a produção de parasitoides é realizada em potes plásticos transparentes do tipo coletor universal (80 mL) com tampa rosqueada. O protocolo padrão de produção consiste em:

### **1. Configuração do sistema:**

- ◊ 5 pupas de *D. saccharalis* (24-120 horas de idade);
- ◊ 25 fêmeas de parasitoides (*P. elaeisis* [72-96h], *T. howardi* [24-48h] ou *T. diatraea* [48-72h]);
- ◊ 1 gota de mel puro aderida à parede interna do recipiente;
- ◊ Período de parasitismo: até 10 dias.

### **2. Resultados esperados:**

- ◊ Após 18 dias: produção de até 1.500 adultos por recipiente;
- ◊ Rendimento médio: ≈ 250 a 300 parasitoides/pupa.

Observa-se que a densidade ótima varia conforme a finalidade da produção:

- **Para experimentos ou manutenção de matrizes:** 2 pupas + 10 fêmeas de *P. elaeisis* (24-48h de parasitismo) proporcionam melhor qualidade biológica dos descendentes (Pereira *et al.*, 2021)
- **Para produção em larga escala:** recomenda-se a configuração padrão descrita (Figura 10).



#### PROTOCOLO DE PRODUÇÃO

CINCO PUPAS DO HOSPEDEIRO  
Até dez dias a 10 °C



+  
20 INDIVÍDUOS DE *Trichospilus* + CINCO PUPAS DE *Diatraea*

APÓS 18 DIAS, TEREMOS EM MÉDIA:  
**1750** INDIVÍDUOS DE *Trichospilus*

20 INDIVÍDUOS DE *Tetrastichus*  
+ 2 PUPAS DE *Diatraea*



APÓS 18 DIAS, TEREMOS EM

MÉDIA: **400** INDIVÍDUOS DE *Tetrastichus*

**Figura 10.** Protocolo de produção em grande escala de *Tetrastichus howardi* em seu hospedeiro natural *Diatraea saccharalis*.

## CUSTO DE PRODUÇÃO DE PARASITOIDES

O sucesso de programas de controle biológico de pragas com parasitoides em sistemas agrícolas e florestais depende da produção em larga escala desses inimigos naturais, com qualidade e baixo custo. Além disso, técnicas de criação que resultem em custos reduzidos e em parasitoides de alta qualidade são extremamente importantes. Nesse contexto, a contabilidade de custos pode fornecer subsídios relevantes para a execução de projetos de criação massiva de parasitoides (Vieira *et al.*, 2017).

A determinação dos custos é realizada com base no volume de produção. Por meio da soma dos custos fixos e variáveis, obtém-se os valores totais. En-



quanto os custos variáveis flutuam de acordo com a produção, os custos fixos mantêm-se constantes, independentemente do nível de atividade (Ferreira, 2007). O planejamento, a organização, a direção e o controle dos gastos produtivos são essenciais para biofábricas, pois influenciam diretamente os lucros. Além de garantir a disponibilidade de parasitoides para atender à demanda do mercado, é fundamental estabelecer um sistema eficiente de gestão de custos (Camargos *et al.*, 2017).

A análise de viabilidade econômica é uma avaliação abrangente que considera diversos aspectos financeiros, tais como custos, receitas, retorno sobre o investimento, período de recuperação do investimento, lucratividade e riscos envolvidos. No contexto da gestão estratégica, é frequente o uso de um ou mais sistemas de custeio. Esses sistemas objetivam mensurar os custos de produtos, avaliar estoques e avaliar resultados operacionais (Souza; Clemente, 2011). Destaca-se, dentre esses sistemas, a análise de custeio por absorção e o custeio variável.

A análise de viabilidade econômica consiste em uma avaliação abrangente que engloba múltiplos aspectos financeiros, incluindo custos, receitas, retorno sobre investimento, lucratividade e análise de riscos. No âmbito da gestão estratégica, é comum a utilização de sistemas de custeio, cujos objetivos principais consistem em mensurar custos de produção, avaliar estoques e analisar resultados operacionais (Souza; Clemente, 2011). Dentre as me-



todologias disponíveis, destacam-se o custeio por absorção e o custeio variável como abordagens particularmente relevantes.

Por exemplo:

Em estudo sobre a estrutura de custos em biofábricas de *Trichogramma spp.*, Santos (2024) comparou as metodologias de Custeio por Absorção Integral e Custeio Variável, identificando que os custos diretos de produção - particularmente os variáveis - representam a maior parcela dos gastos. A pesquisa revelou que:

### **1. Estrutura de custos:**

- ◊ 30,9% dos custos variáveis estão associados à produção do hospedeiro;
- ◊ As embalagens representam 23,6% do custo total, sendo críticas para:
  - Prevenir predação;
  - Controlar variações térmicas durante transporte e campo;
  - Proteger contra intempéries pós-liberação.

### **2. Oportunidades de redução:**

- ◊ A otimização das dietas pode reduzir em 16,1% os custos de criação;
- ◊ O ajuste na produção conforme taxa e viabilidade de parasitismo aumenta custos em 8,9%, mas é essencial para atingir a dose recomendada.



### 3. Estratégias complementares:

- ◊ Produção sazonal de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) durante períodos de baixa demanda;
- ◊ Necessidade de comercialização para áreas superiores a 5.632 hectares (100 mil adultos/hectare) para garantir rentabilidade.

A análise gerencial demonstrou que ambos os métodos de custeio são eficazes para identificar gargalos produtivos e determinar a escala mínima viável para produção de *Trichogramma* spp. (Santos, 2024).

Os custos estimados por milheiro de *T. howardi* variaram conforme o hospedeiro utilizado, apresentando os seguintes valores em reais (R\$): R\$ 3,04 em pupas de *D. saccharalis*; R\$ 2,16 em *T. molitor*; R\$ 0,88 em *B. mori*; e R\$ 2,72 em *A. gemmatalis* (Domingues et al., 2020). Em dólar americano (US\$), esses valores corresponderam a: US\$ 0,56 (*D. saccharalis*), US\$ 0,39 (*T. molitor*), US\$ 0,16 (*B. mori*) e US\$ 1,09 (*A. gemmatalis*) (Domingues et al., 2020; Lucchetta, 2022).

Entretanto, a seleção do hospedeiro ideal não deve considerar apenas o custo econômico das pupas, mas também parâmetros biológicos como: taxas de parasitismo, índices de emergência de parasitoides e variações entre lotes de produção. Recomenda-se, portanto, realizar uma avaliação biológica criteriosa antes de definir o hospedeiro definitivo para a produção de *T. howardi*.



O custo estimado para produção de 1.000 pupas de *T. molitor* criadas com ração inicial para aves é de aproximadamente US\$ 28,57, resultando em uma produção média de 130,5 parasitoides de *T. howardi* por pupa ( $\approx 130.000$  parasitoides no total) conforme (Figura 11). Dessa forma, o custo estimado por parasitoide adulto é de apenas US\$ 0,00022 (Machado *et al.*, 2023).



**Figura 11.** Fêmea adulta de *Tetrastichus howardi* parasitando pupa de do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae).



Essas informações são fundamentais para que laboratórios de pesquisa, biofábricas e empresas de controle biológico possam obter maior retorno econômico, manter padrões de qualidade na produção e otimizar a comercialização de parasitoides, especialmente *T. diatraeae*, *P. elaeisis*, *T. pretiosum* e *T. howardi*.

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.
- ANDRADE, G. S. **Influência dos parasitóides *Palmistichus elaeisis* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) na imunidade celular de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2010. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/887/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- ANDRADE, G. S.; SOUZA, A. H.; SANTOS, J. C.; CASTRO, F.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Oogenesis pattern and type of ovariole of the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 767-774, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652012000300019>.
- BARBOSA, R. H.; ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; ROSSONI, C. Foraging activity of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) at various densities on pupae of the eucalyptus defoliator *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera:



Geometridae). **Florida Entomologist**, v. 99, n. 1, p. 121-127, 2016. <https://doi.org/10.1653/024.099.0417>.

BERMÚDEZ, N. C.; DE LA PAVA, N.; CÁCERES, J. S. D.; SILVA-TORRES, C. S. A.; TORRES, J. B. Long-term suitability of an alternative host for rearing the sugarcane stalk borer parasitoid *Tetrastichus howardi*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 114, n. 3, p. 347-358, 2024. <https://doi.org/10.1017/S0007485324000129>.

BITTENCOURT, M. A. L.; BERTI FILHO, E. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 94, n. 3, p. 321-323, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212004000300016>.

BORASE, D. N.; THORAT, Y. E.; BAITHA, A.; KOLKAR, B. E. Parasitizing efficiency of *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) on *Galleria mellonella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Pyralidae) larva and pupa. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 34, n. 14, p. 1-4, 2024. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00772-w>.

CALADO, V. R. F. **Métodos moleculares e características biológicas de *Trichospilus diatraeae* e *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**. 2015. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015. Disponível em: <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-AGRONOMIA/Tese%20-%20Vanessa%20Rodrigues%20Ferreira%20Calado.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CALADO, V. R. F.; PEREIRA, F. F.; VARGAS, E. L.; GLAESER, D. F.; OLIVEIRA, F. G. Características biológicas de *Trichospilus*



*diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) nos hospedeiros *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) e *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Biomas**, v. 27, n. 1, p. 71-77, 2014. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n1p71>.

CAMARGOS, M. G.; COSTA, M. L. Z.; MIRANDA, E. S. Custos variáveis de produção de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) para controle de moscas-das-frutas. **IPecege**, v. 3, p. 9-25, 2017. <https://doi.org/10.22167/r.ipecege>.

CHAPMAN, R. F. **The Insects: Structure and Function**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

CÔNSOLI, F. L.; VINSON, S. B. Parasitoides (Hymenoptera). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 837-874.

COSTA, D. P.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; ROSSONI, C.; FAVERO, K.; BARBOSA, R. H. Reprodução de *Tetrastichus howardi* em pupas de *Diatraea saccharalis* de diferentes idades. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 1, p. 67-71, 2014a. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.067>.

COSTA, D. P.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; ROSSONI, C.; PASTORI, P. L.; ZANUNCIO, J. C. *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) in different densities and periods of parasitism on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) caterpillars. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 107, n. 5, p. 961-966, 2014b. <https://doi.org/10.1603/AN14014>.

DIAS, N. S.; PARRA, J. R. P.; LIMA, T. C. C. Seleção de hospedeiro alternativo para três espécies de tricogramatídeos neotropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n.



11, p. 1467-1473, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100004>.

DIAS, L. S. **Controle de qualidade de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024.

DOMINGUES, A.; LUCCHETTA, J. T. L.; CARDOSO, C. R. G.; RAMOS, L. F. N.; RODRIGUES, G. B.; PEREIRA, F. F. Custo de produção de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) criado em diferentes hospedeiros. In: **14º ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – ENEPE**, 2020, Dourados. **Anais...** Dourados: UFGD, 2020.

FÁVERO, K. **Desempenho biológico de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) multiplicado em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) sob diferentes temperaturas**. 2013. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013. Disponível em: [http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRA-DO-DOUTORADO-ENTOMOLOGIA/Tese%20\(2013\)%20Kellen%20Favero\(1\).pdf](http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRA-DO-DOUTORADO-ENTOMOLOGIA/Tese%20(2013)%20Kellen%20Favero(1).pdf). Acesso em: 12 jun. 2019.

FÁVERO, K.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; OLIVEIRA, H. N.; COSTA, D. P.; ZANUNCIO, J. C. Biological characteristics of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) are influenced by the number of females exposed per pupa of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Florida Entomologist**, v. 96, n. 2, p. 583-590, 2013. <https://doi.org/10.1653/024.096.0224>.



FÁVERO, K.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B.; OLIVEIRA, H. N.; KASSAB, S. O.; ZANUNCIO, J. C. Reproduction of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) pupae at different temperatures. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 3, p. 865-869, 2015. <https://doi.org/10.1653/024.098.0308>.

FELTRIN-CAMPOS, E.; RÔDAS, P. L.; GLAESER, D. F.; PEREIRA, F. F.; OLIVEIRA, H. N. Teste de voo como critério de avaliação da qualidade de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **Entomobrasilis**, v. 9, n. 2, p. 137-139, 2016. <http://dx.doi.org/10.12741/ebrasilis.v9i2.571>.

FERREIRA, J. A. **Contabilidade de custos**. Rio de Janeiro: Editora Ferreira, 2007.

FERNANDES, W. C. **Desempenho biológico de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas, pupas e pré-pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae) em condições de laboratório e semi-campo**. 2018. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/498/1/WinnieCezarioFernandes.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

FERREIRA, N. G. P.; PEREIRA, F. F.; BORGES, F. L. G.; ROSSONI, C.; SILVA, A. S.; KASSAB, S. O. Multiplicar *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) en la oruga de la seda afecta su biología? **Acta Biológica Colombiana**, v. 21, n. 1, p. 189-193, 2016. <https://doi.org/10.15446/abc.v21n1.47999>.

GLAESER, D. F. **Características biológicas e comportamentais de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae)**



**criado em pupa de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae).** 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011. Disponível em: [http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFGD-2\\_ac-904f828fd5f32e4511f64040c56323](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFGD-2_ac-904f828fd5f32e4511f64040c56323). Acesso em: 12 set. 2019.

GLAESER, D. F.; OLIVEIRA, H. N.; MOREIRA, S. C. S.; RODAS, P. L. Impacto das oscilações de temperatura sobre o parásitoide pupal *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2016.

GLAESER, D. F.; PEREIRA, F. F.; VARGAS, E. L.; CALADO, V. R. F.; FAVERO, K. Reprodução de *Trichospilus diatraeae* em *Diatraea saccharalis* após três gerações em *Tenebrio molitor*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 213-218, 2014. <https://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000200013>.

HARVEY, J. A.; MALCICKA, M. Nutritional integration between insect hosts and koinobiont parasitoids in an evolutionary framework. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 159, n. 2, p. 181-188, 2016. <https://doi.org/10.1111/eea.12426>.

HEBERT, P. D.; RATNASINGHAM, S.; DE WAARD, J. R. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 270, n. Suppl\_1, p. S96-S99, 2003. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2003.0025>.

KODAMA, E.; PEREIRA, F. F.; CALADO, V. R. F. É possível armazenar pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em baixa temperatura para criação de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)? In: **ENEPE - ENCONTRO DE**



**PESQUISA E EXTENSÃO**, 2011, Dourados. **Anais...** Dourados: UFGD, 2011. v. 5. p. 1-6.

KUMAR, A.; BAITHA, A.; BARELIYA, P. K. Some biological aspects of pupal parasitoid, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Chilo auricilius* (Dudgeon) pupae. **Current Biotica**, v. 10, n. 2, p. 170-174, 2016.

LUCCHETTA, J. T. **Parasitismo e desenvolvimento de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Encyrtidae) em lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016. Disponível em: [http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-ENTOMOLOGIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20\(2016\)%20J%C3%A9ssica%20Terilli%20Lucchetta.pdf](http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-ENTOMOLOGIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20(2016)%20J%C3%A9ssica%20Terilli%20Lucchetta.pdf). Acesso em: 10 set. 2019.

LUCCHETTA, J. T. **Parasitismo natural, produção e liberação de parasitoides para o controle de Lepidópteros desfolhadores de eucalipto**. 2022. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.

LUCCHETTA, J. T.; PEREIRA, F. F.; CARDOSO, C. R. G.; WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A.; PALOMBO, I. L.; SANTOS, J. P.; RAMOS, L. F. N.; SIMONELI, B. C.; TAVARES, M. T. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in eucalyptus (Myrtaceae). **The Canadian Entomologist**, v. 154, e12, 2022. <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>.



MACHADO, A. V. A.; BERMÚDEZ, N. C.; VACARI, A. M.; SILVA-TORRES, C. S. A.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B. Use of alternative host and production costs of the sugarcane borer parasitoid *Tetrastichus howardi*. **Biocontrol**, v. 68, p. 1-11, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10526-023-10208-3>.

MOREIRA, S. C. S.; GLAESER, D. F.; RODAS, P.L.; OLIVEIRA, H. N.; PEREIRA, F.F. Densidades de fêmeas de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) para sua reprodução em pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera:Tenebrionidae). **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2016.

OLIVEIRA, F. A. L. D.; SILVA, R. O.; OLIVEIRA, N. R. X. D.; ANDRADE, G. S.; PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; COUTINHO, C. R.; PASTORI, P. L. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) with different densities and parasitism periods in *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) pupae. **Folia Biologica**, v. 66, n. 3, p. 103-110, 2018. [https://doi.org/10.3409/fb\\_66-3.11](https://doi.org/10.3409/fb_66-3.11).

OLIVEIRA, F. G. **Multipliação de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013. Disponível em: [http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-ENTOMOLOGIA/Disser-ta%C3%A7%C3%A3o%20\(2013\)%20Fabiana%20Garcia%20de%20Oliveira.pdf](http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-ENTOMOLOGIA/Disser-ta%C3%A7%C3%A3o%20(2013)%20Fabiana%20Garcia%20de%20Oliveira.pdf). Acesso em: 15 set. 2019.



OLSON, D. M.; ANDOW, D. A. Larval crowding and adult nutrition effects on longevity and fecundity of female *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Environmental Entomology**, v. 27, n. 2, p. 508-514, 1998. <https://doi.org/10.1093/ee/27.2.508>.

PALOMBO, I. L. **Identificação molecular de *Trichospilus diatraeae*, *Palmistichus elaeisis*, *Trichogramma pretiosum* e caracterização de imaturos de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Chalcidoidea)**. 2025. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2025.

PASTORI, P. L.; PEREIRA, F. F.; ANDRADE, G. S.; SILVA, R. O.; ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, A. I. A. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in pupae of two lepidopterans defoliators of eucalypt. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 38, n. 1, p. 91-93, 2012a.

PASTORI, P. L.; PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; OLIVEIRA, H. N.; CALADO, V. R. F.; SILVA, R. O. Densidade de fêmeas de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) para sua reprodução em pupas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 4, p. 525-532, 2012b. <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-16572012000400009>.

PASTORI, P. L.; ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, F. F.; PRATISSOLI, D.; CECON, P. R.; SERRÃO, J. E. Temperatura e tempo de refrigeração de pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) afetam parâmetros biológicos de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). **Semina: Ciências**



**Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1493-1508, 2013. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1493>.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; OLIVEIRA, H. N.; GRANCE, E. L. V.; PASTORI, P. L.; GAVA-OLIVEIRA, M. D. Thermal requirements and estimate number of generations of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) in different *Eucalyptus* plantations regions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 431-436, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000300012>.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; PASTORI, P. L.; CHICHERA, R. A.; ANDRADE, G. S.; SERRÃO, J. E. Reproductive biology of the *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) with alternative and natural hosts. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 27, n. 6, p. 887-891, 2010a. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702010000600008>.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; OLIVEIRA, H. N.; FÁVERO, K.; GRANCE, E. L. V. Progénie de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) de diferentes idades. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 5, p. 660-664, 2009a. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2009000500016>.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; PASTORI, P. L.; RAMALHO, F. S. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera; Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lepidoptera; Bombycidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 3, p. 865-869, 2009b. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842009000400014>.



PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, T. V.; PRATISSOLI, D.; PASTORI, P. L. The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 2, p. 323-331, 2010b. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652010000200008>.

PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L.; KASSAB, S. O.; TORRES, J. B.; CARDOSO, C. R. G.; FERNANDES, W. C.; DINIZ, A. J. F.; ZANUNCIO, J. C. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (Eds.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 317-361.

RATNASHINGHAM, S.; HEBERT, P. D. BOLD: The Barcode of Life Data System. **Molecular Ecology Notes**, v. 7, n. 3, p. 355-364, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x>.

REIS, M. A.; MARINHO, C. S. F.; NOBRE, I. C. S.; GOMES, F. D.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; ANTONINO, J. D. Distinct biological control agents differentially modulate the immune system of the sugarcane borer larvae (*Diatraea saccharalis*). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 209, p. 108241, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2024.108241>.

RODRIGUES, B. A. C.; PEREIRA, F. F.; OLIVEIRA, F. G.; VARGAS, E. L.; CALADO, V. R. F.; SILVA, N. V. Lagartas e pupas de *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) podem ser utilizadas para criação do parasitoide *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae)? In: **ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**, 2012, Dourados. **Anais...** Dourados: UFGD, 2012.



RODRIGUES, M. A. T. **Exigências térmicas e hídricas de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae).** 2010. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010. Disponível em: [http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/ prefix/813/1/MariaAdrianaTorquetiRodrigues.pdf](http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/813/1/MariaAdrianaTorquetiRodrigues.pdf). Acesso em: 15 set. 2019.

RODRIGUES, M. A. T.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; PASTORI, P. L.; GLAESER, D. F.; OLIVEIRA, H. N.; ZANUNCIO, J. C. Thermal requirements and generation estimates of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in sugarcane producing regions of Brazil. **Florida Entomologist**, v. 96, n. 1, p. 154-159, 2013. <https://doi.org/10.1653/024.096.0120>.

SANTOS, F. H. M. **Desempenho biológico e custo de produção de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) visando ao controle de *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto.** 2024. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024.

SCHMID-HEMPPEL, P. Evolutionary ecology of insect immune defenses. **Annual Review of Entomology**, v. 50, n. 1, p. 529-551, 2005. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130420>.

SILVA, I. M.; ZANUNCIO, T. V.; PEREIRA, F. F.; WILCKEN, C. F.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in the pupae of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) of various ages. **Flo-**



**rida Entomologist**, v. 98, n. 4, p. 1025-1029, 2015. <https://doi.org/10.1653/024.098.0403>.

SILVA, I. M.; ZANUNCIO, T. V.; PEREIRA, J. M. M.; WILCKEN, C. F.; PEREIRA, F. F.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Density of *Tri-chospilus diatraeae* (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitizing *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) Pupae. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 107, n. 4, p. 826-831, 2014. <https://doi.org/10.1603/AN13131>.

SMITH, M. A.; RODRIGUEZ, J. J.; WHITFIELD, J. B.; DEANS, A. R.; JANZEN, D. H.; HALLWACHS, W.; HEBERT, P. D. Extreme diversity of tropical parasitoid wasps exposed by iterative integration of natural history, DNA barcoding, morphology, and collections. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 34, p. 12359-12364, 2008. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805319105>.

SORENSEN, J. G.; ADDISON, M. F.; TERBLANCHE, J. S. Mass-rearing of insects for pest management: Challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. **Crop Protection**, v. 38, n. 1, p. 87-94, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.023>.

SOUZA, A.; CLEMENTE, G. **Gestão de Custos: aplicações operacionais e estratégicas: exercícios resolvidos e propostos com utilização do Excel**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

STRAND, M. R.; PECH, L. L. Immunological basis for compatibility in parasitoid-host relationships. **Annual Review of Entomology**, v. 40, n. 1, p. 31-56, 1995. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.40.010195.000335>.



TIAGO, E. F.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; BARBOSA, R. H.; CARDOSO, C. R. G.; SANOMIA, W. Y.; PEREIRA, H. C.; SILVA, R. M. M. F.; ZANUNCIO, J. C. Biological Quality of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) reared with *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) Pupae after Cold Storage. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3, p. 571-576, 2019. <http://dx.doi.org/10.1653/024.102.0345>.

VARGAS, E. L. **Parasitismo e desenvolvimento de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagarta e pupa de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)**. 2013. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013. Disponível em: <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-AGRONOMIA/Tese%20Elizangela%20Leite%20Vargas.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

VARGAS, E. L.; PEREIRA, F. F.; CALADO, V. R. F.; GLAESER, D. F.; RODRIGUES, B. A. C.; SILVA, N. V. Females density of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) on pupae of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Sientibus Série Ciências Biológicas**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2013. <http://dx.doi.org/10.13102/scb227>.

VIEIRA, N. F.; POMARI-FERNANDES, A.; LEMES, A. A. F.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, S. A.; BUENO, A. F. Cost of Production of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) Grown in Natural and Alternative Hosts. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 6, p. 2724-2726, 2017. <https://doi.org/10.1093/jee/tox271>.



YE, X.; YANG, Y.; ZHAO, X.; FANG, Q.; YE, G. The state of parasitoid wasp genomics. **Trends in Parasitology**, v. 40, n. 10, p. 914-929, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2024.08.003>.

ZACHÉ, B. **Técnicas de criação em laboratório e dispersão do parasitoide de pupas *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: eupophidae) no campo.** 2012. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/105403>. Acesso em: 15 set. 2019.

ZACHÉ, B.; ZACHÉ, R. R. C.; WILCKEN, C. F. Diferentes densidades de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) e seu desenvolvimento sobre pupas de *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v. 37, n. 2, p. 187-193, 2011.

ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, F. F.; JACQUES, G. C.; TAVARES, M. T.; SERRÃO, J. E. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 62, n. 1, p. 64-66, 2008. <https://doi.org/10.1649/1015.1>

ZHONG, L.; LIAO, Y.; ZHANG, Y.; WU, W. Ovarian development and oogenesis in *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Environmental Entomology**, v. 38, n. 1, p. 154-158, 2016.



# CAPÍTULO 7

## LIBERAÇÃO DE PARASITOIDES EM AGROECOS- SISTEMAS



Para garantir uma distribuição uniforme e eficiente de parasitoides como agentes de controle biológico, é essencial estabelecer adequadamente o número de pontos de liberação e a densidade ideal de indivíduos por hectare (Barbosa *et al.*, 2019). Assim como ocorre com outros grupos de parasitoides, os eulofídeos são influenciados por fatores abióticos como temperatura, precipitação, vento e umidade relativa do ar. Adicionalmente, sua eficiência de dispersão é afetada por fatores intrínsecos relacionados ao próprio parasitóide (incluindo estado fisiológico e tamanho das fêmeas), às características do hospedeiro (como disponibilidade, estágio de desenvolvimento, densidade e localização das pupas) e aos atributos da planta hospedeira (idade, estágio fenológico e arquitetura vegetal), os quais devem ser cuidadosamente considerados para otimizar os resultados do controle biológico.

A liberação de parasitoides de pupas representa um desafio importante no controle biológico, pois a capacidade de dispersão e a localização de hospedeiros por esses organismos - embora sejam atributos de qualidade essenciais - são difíceis de avaliar tanto em condições laboratoriais quanto em campo. No caso específico das espécies *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993, *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 e *Teastrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae), estudos de campo são necessários para determinar a distribuição espacial mais eficiente durante a liberação. Metodologicamente, esses estudos geralmente empregam círculos concêntricos, em que os parasitoides são



liberados no ponto central e hospedeiros sentinelas são dispostos nos diferentes perímetros, simulando condições naturais (como em casulos, sobre plantas ou dentro delas, no caso de brocas-da-cana). A disposição dos hospedeiros deve ser equidistante, com quantidades proporcionais ao aumento do perímetro de cada círculo. A avaliação da capacidade dispersiva pode ser realizada através da verificação de parasitismo em hospedeiros alternativos ou naturais, ou ainda por métodos de marcação/recaptura utilizando cartões adesivos amarelos (Canto-Silva *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2019).

As liberações inundativas de *T. howardi* em plantios de cana-de-açúcar em Cuba demonstraram eficácia significativa, reduzindo as infestações em até 84,6% (González *et al.*, 2008). Esse parasitoide mostrou-se compatível com outros agentes de controle biológico utilizados na cultura (Félix *et al.*, 2005), sendo produzido em escala comercial em laboratórios cubanos para o manejo de brocas-do-colmo em diversas Poaceae, incluindo cana-de-açúcar, milho e cevada. No contexto brasileiro, estudos indicam que a relação de 70 fêmeas de *T. howardi* por pupa de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) proporciona aproximadamente 40% de parasitismo na cana-de-açúcar. As fêmeas demonstraram capacidade de localizar e parasitar pupas em raio de até 20 metros do ponto de liberação, com distância média percorrida de 7,6 metros, área de dispersão de 80,1 m<sup>2</sup> e taxa de parasitismo de 39,4%. Com base nesses parâmetros, recomenda-se a distribuição inicial de 125 pontos por hectare em



canaviais com até sete meses de brotação para o controle eficiente de *D. saccharalis* (Barbosa *et al.*, 2019). A otimização desse processo pode ser potencializada mediante a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, surge como uma alternativa promissora para garantir a distribuição uniforme dos parasitoides, considerando o número ideal de pontos de liberação. No entanto, são necessários experimentos para avaliar diferentes protocolos de liberação em diversas fases fenológicas da cultura, uma vez que a área foliar impacta diretamente a capacidade de dispersão dos insetos. Estudos já demonstraram a relação ótima entre o número de pontos de liberação e a quantidade de *T. howardi* por hectare necessária para reduzir significativamente as populações de *D. saccharalis*. Adicionalmente, faz-se imprescindível pesquisar: (1) o índice de predação de pupas pré-parasitadas por *T. howardi* dentro das cápsulas de liberação; (2) a análise comparativa de custos entre o método manual e o uso de drones; e (3) o desenvolvimento de materiais para impregnar as cápsulas, com o objetivo de repelir predadores oportunistas e aumentar a eficácia do controle biológico (Pereira *et al.*, 2021).



**Figura 01.** Cápsulas biodegradável, sacolinhas de papel e berçários para liberação de parasitoides.



Em um estudo com liberações de *P. elaeisis* em quantidades de 2 mil, 6 mil e 18 mil indivíduos no centro de uma área de 2,2 hectares, utilizando armadilhas adesivas, observou-se diferença na presença percentual de parasitoides, sendo menor na liberação de 2 mil ( $30,77\% \pm 3,14$ ) e semelhante nas de 6 mil e 18 mil ( $59,62\% \pm 8,53$  e  $63,47\% \pm 7,28$ ). Não houve diferença significativa entre machos e fêmeas. O maior número de parasitoides coletados ocorreu no tratamento com 18 mil ( $13,25 \pm 2,29$ ), seguido por 6 mil ( $11,5 \pm 2,22$ ) e 2 mil ( $5,5 \pm 0,96$ ). Quanto à proporção coletada em relação à liberada, os valores foram  $0,66 \pm 0,23$  (18 mil),  $0,57 \pm 0,22$  (6 mil) e  $0,26 \pm 0,09$  (2 mil). Na avaliação da dispersão, machos e fêmeas atingiram a distância máxima de captura (114 m), com maior frequência à medida que se afastavam do ponto central. Alturas de liberação entre 30 e 100 metros afetaram apenas a emergência, sem impacto no parasitismo ou emergência pós-parasitismo. Os compartimentos mais seguros contra predação foram cápsulas com um ou cinco orifícios (1,22 mm de diâmetro) e sacolas de papel, sendo recomendada a liberação próxima à emergência. *P. elaeisis* demonstrou potencial de dispersão em plantios de *Eucalyptus urophylla*, e as armadilhas adesivas amarelas mostraram-se eficientes para sua amostragem. Pela primeira vez no Brasil, comprovou-se a viabilidade técnica/biológica do controle biológico em florestas usando parasitoides em RPAs (Nascimento, 2022).



## LIBERAÇÕES DE EULOFÍDEOS EM PLANTIOS COMERCIAIS DE EUCALIPTO.

Após 11 liberações em 941 hectares de eucalipto, com mais de 14 milhões de parasitoides eulofídeos liberados em plantios no Mato Grosso do Sul, constatou-se a presença de indivíduos de todas as espécies de eulofídeos nas armadilhas adesivas instaladas nas áreas de liberação, exceto nas áreas testemunhas sem soltura. Isso sugere que os parasitoides dispersaram-se e permanecem ativos nas regiões onde foram introduzidos. Adultos de *P. elaeisis* e *T. howardi* foram recoletados em pupas do hospedeiro sentinela *D. saccharalis*, previamente colocadas em plantios comerciais de eucalipto em Ribas do Rio Pardo (MS), confirmando a persistência desses parasitoides no campo (Pereira *et al.*, 2021). Além disso, *Brachymeria annulata* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Chalcididae) e *T. diatraeae* foram coletados naturalmente em pupas de *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) nessas mesmas áreas (Lucchetta *et al.*, 2022).



### Esquema de liberação de eulofídeos

*na cultura do eucalipto*

**1º passo:**

Pular 10 linhas de plantio

**2º passo:**

Entrar na décima linha, contar 14 plantas, liberar os parasitoides ou colocar a sacolinha com parasitoides nos gâchos. Seguir até o final da linha de plantio.

**3º passo:**

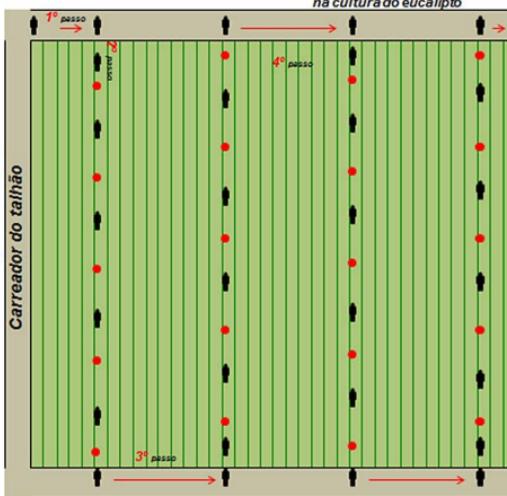
Contar 10 linhas de plantio novamente e retornar liberando os parasitoides ou colocando as sacolinhas com parasitoides.

**4º passo:**

Pular 10 linhas de plantio e seguir os passos 1, 2, 3, 4 até o fim do talhão.

**Legenda**

- linha de plantio
- ponto de liberação
- monitor de CB



**Figura 02.** Esquema de liberação de parasitoides *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae* e *Palmistichus elaeisis* em eucalipto.

Os melhores resultados para o controle biológico de *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) utilizando eulofídeos foram alcançados com as seguintes recomendações:

- Dose: 1.200 a 16.000 fêmeas adultas por hectare;
- Número, época e intervalo de aplicação: A dosagem deve ser ajustada com base no índice de desfolha (0 a 100%) e na intensidade de infestação (número de lagartas por 100 folhas).



## Amostragem para avaliação da desfolha e infestação:

1. Seleção de árvores: 20 eucaliptos por talhão de 40 hectares, escolhidos aleatoriamente;
2. Coleta de amostras: De cada árvore, é coletado um galho do terço inferior com aproximadamente 100 folhas;
3. Contagem de lagartas e pupas: Registra-se o número de *T. arnobia* e de outros lepidópteros presentes;
4. Avaliação da desfolha: Os níveis considerados são 0%, 25%, 50%, 75% e 100% (Pereira et al., 2021).

## Protocolo de liberação de parasitoides para controle de *Thyrinteina arnobia* (Pereira et al., 2021)

### Situação 1

- Condição: 5-10% de desfolha ou 1-5 lagartas/100 folhas ou <40 pupas/hectare.
- Ação:
  - ◊ Liberação: de 1.200 fêmeas adultas/hectare;
  - ◊ Distribuição: 4 pontos/hectare (300 fêmeas/ponto);
  - ◊ Espaçamento: 50 metros entre pontos;
- Monitoramento:
  - ◊ Amostrar pupas aos 15, 30 e 45 dias pós-liberação;
  - ◊ Área de avaliação:  $60 \times 70\text{ m}$  ( $4.200\text{ m}^2$ ).



- ◊ Verificar:
  - Índice de parasitismo;
  - Presença de lagartas, pupas e adultos;
  - Orifícios de emergência compatíveis com parasitoides.

## Situação 2

- Condição: 11-20% de desfolha ou 6-10 lagartas/100 folhas ou 40 pupas/hectare.
- Ação:
  - ◊ Liberação: de 7.200 fêmeas adultas/hectare;
  - ◊ Distribuição: 6 pontos/hectare (1.800 fêmeas/ponto).

## Situação 3

- Condição: 21-30% de desfolha ou >10 lagartas/100 folhas ou >40 pupas/hectare.
- Ação:
  - ◊ Liberação: de 16.200 fêmeas adultas/hectare;
  - ◊ Distribuição: 9 pontos/hectare (1.800 fêmeas/ponto);
  - ◊ Espaçamento: 33 metros entre pontos

## Protocolo comum a todas situações:

1. Coletar 16-32 pupas aleatoriamente/hectare.
2. Critérios para reliberação:
  - ◊ Parasitismo <25% ou
  - ◊ Emergência de mariposas >50%.



Quando se utilizam pupas do hospedeiro previamente parasitadas com parasitoides próximos da emergência, elas devem ser acondicionadas em sacos de papel kraft tipo SOS ou em berçários (Figura 01), sendo fixadas em galhos das árvores ou em plantas à altura do peito. Alternativamente, no caso de emprego de cápsulas biodegradáveis ou tubetes, esses podem ser dispostos manualmente no solo próximo às árvores/plantas (Figura 02) ou liberadas por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones (Figura 03). Em ambos os casos, a disposição das cápsulas ou dos tubetes deve seguir as distâncias recomendadas, as quais são estabelecidas com base no índice de desfolha ou na intensidade de infestação observada.



**Figura 03.** Liberação de parasitoides no interior de tubetes com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), em plantios comerciais de eucalipto.



O Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LE-COBIOL) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em parceria com a REFLORA-MS e a Sistêmica Kovê Ltda. — empresa de controle biológico incubada na UFGD —, desenvolveu o projeto de pesquisa “Produção e eficiência de parasitoides para o controle biológico de lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto”, coordenado pelo Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira. Por meio de um acordo de cooperação científica entre a UFGD e a REFLORE-MS, iniciado em 2018, foram realizadas liberações de *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* com o objetivo de comprovar experimentalmente a eficácia agronômica desses parasitoides no controle populacional de lepidópteros desfolhadores, em especial *T. arnobia*, em cultivos de eucalipto.

Essa parceria já possibilitou a produção de aproximadamente 100 milhões de parasitoides, disponibilizados aos silvicultores para experimentação científica e validação de sua eficácia em mais de 100 mil hectares de plantios de eucalipto no período entre 2018 e dezembro de 2024. A iniciativa foi crucial para embasar pesquisas e laudos de eficiência agronômica, que resultaram diretamente na aprovação de três Especificações de Referência (ER 49, 50 e 51) pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Essas especificações permitiram o registro de novos bioinsumos à base dos parasitoides *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi*, destinados ao controle biológico de lepidópteros desfolhadores em eucalipto, com destaque para *T. arnobia*. Além disso, no caso de *T. howardi*, a espécie passou



a ser recomendada não apenas para *T. arnobia*, mas também para o controle da broca-da-cana-de-açúcar (*D. saccharalis*).

Em 2024, no âmbito do projeto em questão, foram liberados 2.226.000 indivíduos de *T. diatraeae*, *T. howardi* e *P. elaeisis* em 1.885 hectares de plantios de eucalipto no Mato Grosso do Sul. No mesmo período, por meio do sistema de produção *on farm* de uma empresa associada da Reflore-MS, foram liberados 36.716.400 parasitoides de pupa em 30.597 hectares de eucalipto, na proporção de 1.200 indivíduos por hectare. Outra grande Empresa do Setor Florestal por meio de sua produção *on farm* produziu e liberou 363,2 milhões de parasitoides de pupa de lepidópteros desfolhadores em 378.000 hectares de eucalipto. Esses resultados comprovam mais um caso de sucesso no emprego de controle biológico aplicado no Brasil.

## **LIBERAÇÕES DE *Trichogramma* spp. EM PLANTIOS COMERCIAIS DE EUCALIPTO**

*Iridopsis panopla* tem causado danos significativos em plantações de eucalipto no Mato Grosso do Sul, Brasil (Lucchetta *et al.*, 2022). Em 2021, registrou-se sua ocorrência em 181.174 hectares de cultivos de eucalipto no país (Wilcken *et al.*, 2021). Diante desse cenário, realizou-se inicialmente uma avaliação laboratorial da biologia de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *I. panopla*, obtendo-se os seguintes resultados: taxa de parasitismo de 78,33% ( $\pm 3,86$ ), emergência de 93,68% ( $\pm 3,02$ ), ciclo de vida (ovo-adulto) de 10 dias, média de



3,92 ( $\pm 0,19$ ) ovos parasitados por fêmea, 3,28 ( $\pm 0,42$ ) indivíduos por ovo, proporção sexual de 0,73 ( $\pm 0,19$ ), com longevidade de 15,00 ( $\pm 1,96$ ) dias para fêmeas e 9,90 ( $\pm 1,43$ ) dias para machos. Posteriormente, avaliou-se o desempenho de *T. pretiosum* como agente de controle biológico em diferentes densidades populacionais em plantações de eucalipto infestadas por *I. panopla*.



Figura 04. Liberação de *Trichogramma pretiosum* para controle biológico de *Iridopsis panopla* em plantios comerciais de eucalipto. 2021. Três Lagoas, MS.

Os resultados demonstraram que fêmeas adultas de *T. pretiosum* foram capazes de localizar, parasitar e emergir com sucesso de ovos de *Iridopsis panopla* localizados sob a casca de eucaliptos. As taxas de parasitismo variaram entre 14,28% ( $\pm 2,79$ ) e 24,55% ( $\pm 5,46$ ) em liberações que variaram de 18.000 a 72.000 parasitoides por hectare (Figura 04). Observou-se uma relação linear positiva entre a densidade de parasitoides liberados e a taxa de parasitismo, atingindo seu valor máximo (24,55%) na densidade de 72.000 adultos por hectare. Em áreas de controle (sem liberação de pa-



rasitoides), registrou-se uma densidade populacional superior a 5 lagartas de *I. panopla* por 1.000 folhas de eucalipto, amostradas em 10 árvores. Notavelmente, nas áreas tratadas, a população de lagartas foi completamente eliminada 30 dias após a liberação de *T. pretiosum*, independentemente da densidade inicial de parasitoides, comprovando a eficácia desse agente de controle biológico no manejo de *I. panopla* em cultivos de eucalipto (Santos *et al.*, 2024).

## **DISPERSÃO E DISPERSÃO DE *Trichogramma bruni* EM PLANTIOS DE EUCALIPTO**

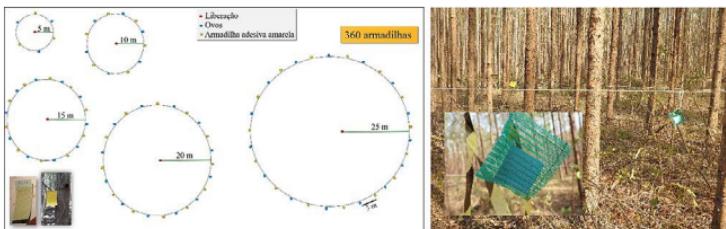
Avaliou-se a capacidade de dispersão horizontal e o parasitismo de *Trichogramma bruni* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em plantios de *Eucalyptus urograndis*. O estudo foi conduzido através da liberação de 5.000 parasitoides no centro de círculos com raios de 5, 10, 15, 20 e 25 metros. Em cada circunferência, distribuíram-se alternadamente cartelas contendo ovos inviabilizados de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) e armadilhas adesivas amarelas, espaçadas em intervalos de 5 metros (Santos, 2022).

Para avaliação do parasitismo, foram liberados 30.000 adultos recém-emergidos em oito pontos por hectare, em um talhão comercial de eucalipto com 3,5 anos de idade (Figura 04). De acordo com Santos, 2022:

- A distância média de dispersão de *T. bruni* foi de 4,93 m;
- A área de distribuição média atingiu 110,27 m<sup>2</sup>;



- Adultos foram detectados em todos os raios avaliados, com maior frequência a 25 m do ponto de liberação;
- A taxa de parasitismo foi de 21,64%;
- A emergência nos ovos parasitados atingiu 100%.



**Figura 04.** Croqui para experimento de dispersão com parasitoídes em plantios comerciais de eucalipto.

Os dados comprovam que *T. bruni* é capaz de:

1. Dispersar-se até 25 m do ponto de liberação em 48 horas;
2. Localizar e parasitar eficientemente ovos do hospedeiro alternativo;
3. Completar seu desenvolvimento no hospedeiro natural.

### Perspectivas de estudos:

- Estender os estudos para maiores raios de dispersão (>25 m);
- Avaliar períodos superiores a 48 horas com o hospedeiro natural *I. panopla*;
- Eficiência da aplicação via VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) em liberações do parasitoide em larga escala.



Estudos sobre o padrão de oviposição de *I. panopla* e seu parasitismo por *T. pretiosum* em eucalipto são fundamentais para o sucesso das liberações desse parasitoide (Figura 05). Por conta disso, em talhões de eucalipto com quatro anos de idade, foram liberados 25.000 indivíduos de *T. pretiosum* por hectare utilizando drones. Nas árvores selecionadas, quantificaram-se os ovos brancos, verdes e escuros de *I. panopla*, analisando sua distribuição nos terços inferior, médio e superior das copas. Os resultados demonstraram que as fêmeas adultas de *I. panopla* preferem ovipositar no terço inferior das árvores. No entanto, o parasitismo por *T. pretiosum* foi similar nos terços inferior e médio (aproximadamente 33,46%). Uma descoberta relevante foi a comprovação de que os ovos localizados no terço superior (topo das árvores) também foram parasitados por *T. pretiosum* (Araujo, 2025).



**Figura 05.** Padrão de oviposição de *Iridopsis panopla* e parasitismo por *Trichogramma pretiosum* em árvores de eucalipto. Três Lagoas, MS.



Com base nos resultados obtidos, silvicultores têm adotado *T. pretiosum* para o controle biológico de *I. panopla* em plantios comerciais de eucalipto, com destaque para sua aplicação no Mato Grosso do Sul. Vale destacar que estudos adicionais sobre frequência de liberações estão em desenvolvimento, visando otimizar a eficiência de parasitismo e consolidar esse agente como um produto biológico efetivo para o manejo desse lepidóptero desfolhador em cultivos de eucalipto.

De maneira geral, nossos resultados dessas pesquisas oferecem subsídios para que *T. bruni*, *T. pretiosum*, *T. diatraeae*, *T. howardi* e *P. elaeisis* possam ser utilizados no manejo biológico de lepidópteros desfolhadores, principalmente em plantios comerciais de eucalipto.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, H. M. **Técnicas de criação de *Iridopsis panopla* (Lep.: Geometridae) e *Spodoptera cosmioides* (Lep.: Noctuidae) com eucalipto e parasitismo por duas espécies de *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae)**. 2025. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2025.

BARBOSA, R. H.; PEREIRA, F. F.; MOTOMIYA, A. V. A.; KASSAB, S. O.; ROSSONI, C.; TORRES, J. B.; MUSSURY, R. M.; PASTORI, P. L. *Tetrastischus howardi* density and dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 2, p. 323-331, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-018-0646-z>.



CANTO-SILVA, C. R.; KOLBERG, R.; ROMANOWSKI, H. P.; RE-DAELLI, L. R. Dispersal of the egg parasitoid *Gryon gallardoii* (Brethes) (Hymenoptera: Scelionidae) in tobacco crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 1, p. 9-17, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000100003>.

FELIX, J.; GONZÁLEZ, A.; OCA, F. N. M.; RAVELO, H. G.; BAITHA, A. Interaction of *Lixophaga diatraeae* (Towns.) and *Tetrastichus howardi* (Olliff.) for management of *Diatraea saccharallis* (Fab.) in Cuba. **Sugar Tech**, v. 7, n. 2-3, p. 5-8, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02942520>.

GONZÁLEZ, J. F. A.; OCA, F. N. M.; RAVELO, H. G. Estudios bioecológicos de *Tetrastichus howardi* Olliff. (Hymenoptera: Eulophidae), parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba. (Primera parte). **Centro Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 37-41, 2003.

LUCCHETTA, J. T.; PEREIRA, F. F.; CARDOSO, C. R. G.; WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A.; PALOMBO, I. L.; SANTOS, J. P.; RAMOS, L. F. N.; SIMONELI, B. C.; TAVARES, M. T. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in *Eucalyptus* (Myrtaceae). **The Canadian Entomologist**, v. 154, e10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>.

NASCIMENTO, D. A. **Aeronaves pilotadas remotamente na liberação de parasitoides de pupas de lepidópteros em plantações de eucalipto**. 2022. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2022.



PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L.; KASSAB, S. O.; TORRES, J. B.; CARDOSO, C. R. G.; FERNANDES, W. C.; DINIZ, A. J. F.; ZANUNCIO, J. C. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (ed.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 317-361.

SANTOS, F. H. M.; PEREIRA, F. F.; CARDOSO, C. R. G.; LUCCHETTA, J. T.; SANTOS, J. P.; RODRIGUES, G. B.; DIAS, L. S.; SILVA, N. N. P.; WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A. First record of *Trichogramma pretiosum* parasitizing eggs of *Iridopsis panopla* in eucalyptus in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 107, n. 1, e20240042, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1515 flaent-2024-0042>.

SANTOS, J. P. **Parasitoides no controle de lepidópteros desfolhadores em eucalipto**. 2022. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.

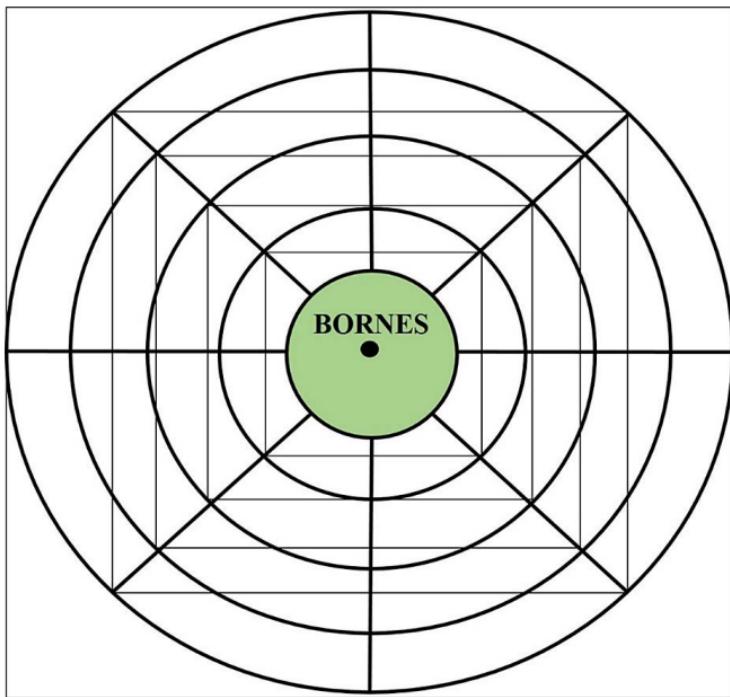
WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A.; PEREIRA, F. F. **Lagartas medeira do eucalipto *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae): surtos em florestas de eucalipto no MS**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2021. (Programa de Proteção Florestal – PROTEF/IPEF – Alerta PROTEF).





# CAPÍTULO 8

ESTAÇÃO NATURAL  
DE REPRODUÇÃO  
DE ORGANISMOS  
BENÉFICOS  
(BORNES)



**Figura 01.** Estação Natural de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES).

A produção em larga escala de agentes biológicos enfrenta diversos desafios operacionais no Brasil, destacando-se: (i) a dificuldade em sincronizar a produção de hospedeiros e presas com a demanda para criação e multiplicação dos organismos benéficos; (ii) o ciclo de vida extremamente curto de insetos e ácaros, cuja ocorrência no campo varia significativamente em função das condições climáticas e do emprego de outros métodos de controle; (iii) a ocorrência frequente de surtos populacionais simultâneos de complexos de espécies de artrópodes sugadores e mastigadores em extensas áreas, que exigem quantidades expressivas



de agentes de controle biológico em curtos intervalos de tempo; (iv) o reduzido tempo de prateleira dos agentes biológicos, que necessitam de hospedeiros e presas em estádios específicos de desenvolvimento e com adequada condição nutricional; e (v) as grandes distâncias entre as unidades de produção (biofábricas) e as áreas agrícolas e florestais de aplicação. Esses fatores constituem importantes entraves para a ampliação e o sucesso do controle biológico de pragas no país, limitando sua adoção em larga escala.

Embora existam pesticidas sintéticos seletivos para o controle de insetos mastigadores que preservam os organismos benéficos, a escassez de produtos similares para o manejo de artrópodes sugadores representa um significativo desafio fitossanitário. Essa lacuna torna-se particularmente crítica quando não há agentes biológicos disponíveis para o controle desses sugadores, criando um sério obstáculo para a implementação de programas de manejo integrado. A ausência de produtos seletivos compromete diretamente o estabelecimento, a construção e a manutenção de populações de agentes de controle biológico ao longo do ciclo produtivo, limitando a sustentabilidade dos agroecossistemas. Essa situação evidencia a necessidade urgente de desenvolver soluções mais específicas e compatíveis com as estratégias de controle biológico para o manejo de artrópodes sugadores.

Visando à otimização e à eficiência do controle biológico de insetos, proponho a criação de áreas de refúgio nos talhões agrícolas e/ou florestais para potencializar



a preservação e a reprodução de agentes de controle biológico em escala ampliada. Essa estratégia baseia-se no princípio de utilizar hospedeiros e presas (ovos, larvas, ninhas, pré-pupas, pupas e adultos) naturalmente abundantes no campo, permitindo uma reprodução acelerada dos organismos benéficos e consequente redução das populações de artrópodes-praga para níveis de equilíbrio ecológico de forma rápida e sustentável.

A implementação segue quatro etapas fundamentais:

1. Coleta do agente biológico no ambiente natural, precedida por identificação taxonômica precisa, ou aquisição junto a laboratórios, biofábricas e empresas especializadas;
2. Multiplicação em condições controladas ou obtenção da quantidade necessária em unidades de produção;
3. Liberação estratégica nas áreas de refúgio designadas;
4. Instalação das Estações Naturais de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES), (Figura 01), que funcionam como núcleos de abrigo, reprodução e dispersão.

O dimensionamento e a configuração das BORNES (formato, altura, cor, transparência, localização, mobilidade, disposição temporal e espacial) devem ser criteriosamente adaptados às características do agro-ecossistema, considerando:

- A arquitetura e a espécie vegetal cultivada;
- A extensão e o tipo de ambiente;



- Os agentes biológicos selecionados;
- O complexo de artrópodes-praga alvo;
- Os níveis populacionais desejados.

Essas estações devem ser continuamente abastecidas com:

- » Substratos alimentares naturais e artificiais;
- » Hospedeiros e presas inviabilizados;
- » Plantas produtoras de pólen e néctar.

É fundamental ressaltar a proibição absoluta de pesticidas sintéticos nessas áreas, particularmente no entorno das BORNES, garantindo, assim, a efetividade do sistema e a preservação dos organismos benéficos. Essa abordagem integrada possibilita a construção progressiva de populações robustas de agentes de controle biológico diretamente no campo, otimizando recursos e promovendo o equilíbrio ecológico duradouro.

Uma estratégia complementar para as estações de reprodução consiste no envolvimento de plantas ou árvores contendo estágios imaturos (ovos, larvas, ninhas, pupas) ou adultos de artrópodes-praga com tecido de organza ou material biodegradável por períodos controlados, visando potencializar a multiplicação *in situ* dos agentes de controle biológico. Como exemplo prático, em plantios de eucalipto infestados por ovos de *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae), pode-se envolver o terço inferior das árvores com tecido de organza, realizar a liberação de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenopter-

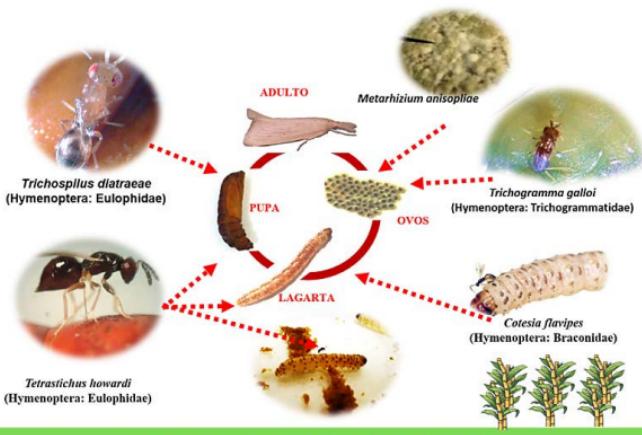


ra: Trichogrammatidae) no interior dessa estrutura e, após quatro dias, remover a proteção. Essa técnica permite a reprodução acelerada do parasitoide diretamente no campo, oferecendo vantagens significativas em termos de escalabilidade, redução de custos operacionais e sincronização com o ciclo da praga-alvo, além de manter os organismos benéficos no ambiente onde serão requeridos.



# CAPÍTULO 9

MANEJO  
BIOLÓGICO DA  
BROCA-DA-CANA-  
DE-AÇÚCAR COM  
PARASITOIDES



#### ASSOCIAÇÃO DE AGENTES BIOLÓGICOS

**Figura 01.** Agentes biológicos para o manejo sistêmico da broca-da-cana-de-açúcar.

Dentre os principais insetos-praga da cana-de-açúcar, destaca-se *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidóptero: Crambidae). Esse lepidóptero deposita seus ovos preferencialmente nas folhas da planta. Após a eclosão, as lagartas alimentam-se inicialmente do tecido foliar e, posteriormente, penetram no colmo, onde consomem a casca dos entrenós em formação. Quando o ataque ocorre próximo à região de crescimento da cana-de-açúcar, pode causar a morte da gema apical, cujo sintoma é caracterizado pelo amarelecimento das folhas mais jovens – fenômeno conhecido como “coração morto” (Pinto, 2021).

A cana-de-açúcar pode ser injuriada por *D. saccharalis* durante todo o seu desenvolvimento. Na fase larval, essa praga pode causar danos diretos e indiretos. O dano direto decorre da alimentação do inseto e se caracteriza por: perda de peso (pela abertura de gale-



rias no entrenó), morte da gema apical da planta ("coração morto"), enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais. O dano indireto é causado por microrganismos que invadem o entrenó, por meio do orifício aberto na casca pela lagarta. Esses microrganismos, predominantemente fungos, *Fusarium subglutinans* (Hypocreales: Nectriaceae) e/ou *Colletotrichum falcatum* (Glomerellales: Glomerellaceae), invertem a sacarose armazenada na planta, causando perdas pelo consumo de energia no metabolismo de inversão e porque os açúcares resultantes desse desdobramento (glicose e levulose) não se cristalizam no processo industrial (Pinto, 2021).

Os inimigos naturais, como parasitoides, predadores e entomopatógenos, desempenham um papel fundamental no controle biológico da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), atuando em diferentes fases de seu desenvolvimento. Dentre os predadores, destacam-se formigas dos gêneros *Solenopsis* Westwood, 1840, *Dorymyrmex* Mayr, 1866, *Pheidole* Westwood, 1839 e *Crematogaster* (Hymenoptera: Formicidae), que se alimentam de ovos e lagartas de primeiro ínstار. Já o parasitóide *Trichogramma galloii* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) atua especificamente no parasitismo de ovos. Além disso, a vespa *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) e os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Cordycipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Clavicipitaceae) causam mortalidade, principalmente em larvas (Gallo *et al.*, 2002).



Atualmente, o método mais eficaz para o controle de *D. saccharalis* em canaviais de Mato Grosso do Sul tem sido a utilização do endoparasitoide larval *C. flavipes*, considerado um dos programas de controle biológico mais bem-sucedidos em escala mundial. O monitoramento das populações larvais é realizado por diferentes métodos, conforme a preferência do produtor. O nível de controle é estabelecido quando se atinge 1% de infestação. As liberações do agente de controle biológico são realizadas em uma ou duas aplicações - via drone ou manualmente - sempre que a densidade populacional de *D. saccharalis* alcança entre 800 e 1000 lagartas por hectare. Recomenda-se a liberação de 6.000 indivíduos de *C. flavipes* distribuídos em, no mínimo, oito pontos por hectare (Pinto, 2021).

Liberações do parasitoide *T. galloii* também têm sido realizadas em canaviais situados em Mato Grosso do Sul para o controle de ovos desse inseto-praga, com eficiência comprovada tanto por liberação aérea quanto terrestre, na dose de três liberações de 50.000 indivíduos por hectare (Gomes *et al.*, 2024). Como, até o momento, não se tem o feromônio de *D. saccharalis*, utilizam-se armadilhas com pupas fêmeas em seu interior. Ao emergirem, as fêmeas adultas liberam feromônios sexuais. Assim, os machos são atraídos e ficam aderidos às armadilhas. O nível de controle atual é de 10 machos adultos de *D. saccharalis* (Pinto, 2021).

*Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) e *Trichospilus diaatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) destacam-se como importantes agentes de



controle biológico de *D. saccharalis*. Além desses parasitoides, os fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* têm sido empregados no manejo de cigarinhos em canaviais. Diante dessa constatação, realizou-se um estudo para avaliar o possível impacto desses fungos nos aspectos biológicos desses parasitoides. Os resultados demonstraram que a exposição aos fungos não afetou a taxa de emergência de *T. howardi* e *T. diaatraeae*, tampouco influenciou a duração do ciclo de vida, o tamanho da progênie ou a proporção sexual de *P. elaeisis*. Embora tenha sido observada uma redução na longevidade em ambos os sexos de *T. howardi*, esse efeito não foi significativo o suficiente para comprometer sua eficácia como agente de biocontrole. De maneira geral, a exposição de eulofídeos que se desenvolvem em pupas de *D. saccharalis* a fungos entomopatogênicos não prejudicou seus parâmetros biológicos fundamentais (Rossoni et al., 2016). Entretanto, recomenda-se que as aplicações de fungos e as liberações de parasitoides sejam realizadas em momentos distintos para otimizar o controle biológico.

O inseticida à base de *B. bassiana* demonstra compatibilidade para uso concomitante com o parasitóide *T. galloii* em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) na cultura da cana-de-açúcar. Contudo, outros agentes de controle como *M. anisopliae*, *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (Eubacterales: Bacillaceae) e o inseticida clorantraniliprole apresentam efeitos adversos significativos sobre *T. galloii*, exigindo aplicação criteriosa para evitar a supressão da atividade para-



sitária (Taguti *et al.*, 2023). Em contrapartida, estudos recentes revelaram que o clorantraniliprole na dose de 450 g/ha não comprometeu significativamente parâmetros biológicos essenciais de *T. howardi*, incluindo sobrevivência, capacidade de parasitismo e reprodução, mesmo sob exposição prolongada (Bermúdez *et al.*, 2023). Esses resultados indicam a seletividade desse inseticida para *T. howardi*, preservando sua eficácia como agente de controle biológico, embora sua compatibilidade com outros parasitoides deva ser avaliada individualmente.

## **REGISTRO DE *Tetrastichus howardi* E *Trichospilus diatraeae* COMO PRODUTO BIOLÓGICO PARA CONTROLE DA BROCA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR.**

O Grupo de Pesquisa Controle Biológico de Insetos (UFGD/LECOBIOL/CNPq), em colaboração com a Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (REFLORE-MS) e com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), estabeleceu uma parceria com a empresa Sistêmica Kovê SK (CNPJ nº 35.785.522/0001-20), representada pelo Dr. Carlos Reinier Garcia Cardoso, para encaminhar ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) a documentação técnica descrita no Memorando nº 02/2020 Sistêmica Kovê GDtec/UFGD, recebida pelo órgão em 29 de abril de 2020. Essa iniciativa teve como objetivo fundamental a elaboração das Especificações de Referência nº



49, 50 e 51, posteriormente publicadas no Diário Oficial da União (Seção 1, nº 30, de 11/02/2022). Paralelamente, a Sistêmica Kovê SK protocolou o pedido de registro dos produtos fitossanitários TRIDKOVÊ, PEKOVÊ e TEKOVÊ junto ao MAPA (Processo SEI nº 21026.001130/2020-01). Sob a coordenação do Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira (UFGD), a equipe de pesquisadores contribuiu com a realização de ensaios de campo, produção de artigos científicos, orientação de trabalhos acadêmicos e elaboração de laudos de eficácia agronômica, que serviram como base técnica e científica para o desenvolvimento das especificações mencionadas. Cabe destacar que a Sistêmica Kovê SK é uma empresa especializada em controle biológico incubada na UFGD, na qual atuo como Professor Tutor representando a instituição.

## ESPECIFICAÇÕES DE REFERÊNCIA PUBLICADA PELO MAPA

Conforme estabelecido pela Portaria SDA nº 527, de 7 de fevereiro de 2022 (Especificação de Referência 49), *Trichospilus diatraeae* está autorizado para uso em todas as culturas com ocorrência do alvo biológico, tendo sua eficiência agronômica comprovada especificamente para a cultura da cana-de-açúcar. Esse parasitoide é indicado para o controle de populações de *D. saccharalis*, com dose variável conforme a intensidade de infestação. As aplicações devem ser realizadas preferencialmente no início ou no final do dia, sob condições climáticas favoráveis (ausência de chu-



va e ventos fortes), precedidas pelo monitoramento do alvo biológico através de armadilhas específicas. O protocolo de liberação estabelece três cenários distintos: (i) para infestações de até 60 pupas de *D. saccharalis* por hectare, recomenda-se a liberação inoculativa de 5.000 fêmeas adultas distribuídas em 16 pontos equidistantes (300 fêmeas/ponto); (ii) para infestações entre 61 e 120 pupas/hectare, indica-se a liberação inundativa de 10.000 fêmeas em 16 pontos (600 fêmeas/ponto); e (iii) para infestações superiores a 120 pupas/hectare, preconiza-se a liberação inundativa de 40.000 fêmeas em 32 pontos (1.250 fêmeas/ponto). Quinze dias após cada aplicação, é obrigatório realizar novo monitoramento para avaliar a necessidade de liberações adicionais.

De acordo com a Portaria SDA nº 527, de 7 de fevereiro de 2022 (Especificação de Referência 51), *T. howardi* está indicado para o controle de populações de *D.saccharalis*, com doses variáveis conforme a intensidade de infestação. A eficácia do parasitoide pode ser comprometida em temperaturas inferiores a 7,5°C ou superiores a 31°C. As liberações devem ser realizadas preferencialmente no início ou no final do dia, sob condições climáticas adequadas (ausência de chuva e ventos fortes), precedidas pelo monitoramento do alvo biológico. O protocolo estabelece três cenários distintos de aplicação: (i) para infestações de até 60 pupas de *D. saccharalis* por hectare, recomenda-se a liberação inoculativa de 6.000 fêmeas adultas distribuídas em 25 pontos equidistantes (240 fêmeas/



ponto); (ii) para infestações entre 61 e 120 pupas/hectare, indica-se a liberação inundativa de 15.000 fêmeas em 50 pontos (300 fêmeas/ponto); e (iii) para infestações superiores a 120 pupas/hectare, preconiza-se a liberação inundativa de 60.000 fêmeas em 50 pontos (1.200 fêmeas/ponto). Quinze dias após cada aplicação, deve-se avaliar a necessidade de novas liberações com base no monitoramento contínuo da população de *D. saccharalis*.

## ASSOCIAÇÃO DE PARASITOIDES

Os parasitoides *C. flavipes* e *T. howardi* demonstram capacidade de localizar e parasitar lagartas de terceiro ínstar de *D. saccharalis* no interior dos entrenós da cana-de-açúcar, tanto em condições de laboratório quanto em campo. Dentre as características biológicas de *T. howardi*, destaca-se sua maior longevidade, fator que favorece sua permanência no ambiente e amplia a janela de oportunidade para localização e parasitismo do hospedeiro, resultando em maior eficiência de controle. Adicionalmente, esse parasitoide apresenta vantagens adaptativas significativas, como elevada razão sexual, capacidade de parasitar duas fases do desenvolvimento do inseto-alvo (lagartas e pupas) e facilidade de multiplicação em larga escala. Esses atributos, combinados com seu desempenho em campo, justificam sua associação com *C. flavipes* em programas de controle biológico de *D. saccharalis*, potencializando os resultados do manejo biológico (Costa, 2013).



As interações entre *C. flavipes*, *T. howardi* e broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) foram avaliadas em sistema de gaiolas sob condições controladas. Os resultados confirmaram a hipótese de que a combinação de *T. howardi* com as liberações tradicionais de *C. flavipes* - visando ao controle de *D. saccharalis* nas fases larval e pupal - não compromete a eficiência de *C. flavipes*, podendo, na verdade, potencializar a supressão populacional da praga. Ressalta-se que o controle da broca no interior do colmo só é viável mediante o uso de agentes biológicos. Contudo, os autores destacam a necessidade de complementar esses achados com estudos de campo e modelagens matemáticas que considerem: (i) as particularidades biológicas de cada parasitoide, (ii) as variações ambientais e (iii) as estratégias ótimas de liberação. Tais investigações são cruciais para verificar se os efeitos sinérgicos observados experimentalmente se mantêm nas condições reais de cultivo da cana-de-açúcar (Oliveira *et al.*, 2024).

A preservação e a multiplicação de parasitoides (Figura 01) que ocorrem naturalmente em abundância no campo são fundamentais para alcançar e manter a população de *D. saccharalis* abaixo do nível de controle de forma rápida e sustentável. Portanto, sugiro que, após a produção desses agentes biológicos em biofábricas, sua liberação seja também em áreas de refúgio, onde podem ser instaladas as Estações Naturais de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES), conforme descrito no Capítulo 8. Essas estações funcionam como abrigos permanentes, locais de reprodu-



ção e pontos estratégicos para novas liberações. Nas BORNES, são disponibilizados continuamente substratos alimentares naturais e artificiais, hospedeiros e presas inviabilizados, além de plantas produtoras de pólen e néctar, visando potencializar a sobrevivência e a reprodução dos agentes de controle biológico. É crucial destacar que o uso de pesticidas sintéticos, especialmente os de amplo espectro, deve ser evitado nessas áreas de refúgio, principalmente no entorno das BORNES. Ao associar o controle biológico conservativo e aumentativo, juntamente com estratégias eficientes de liberação e reprodução de agentes de controle, é possível estabelecer populações robustas em campo de forma mais rápida e econômica. Essa abordagem não apenas reduz custos operacionais, mas também preserva outras espécies entomófagas benéficas, como formigas e vespas predadoras, constituindo, assim, um sistema de manejo biológico sistêmico e sustentável.

## REFERÊNCIAS

BERMÚDEZ, N. C.; NASCIMENTO, D. V.; MORATO, R. P.; SILVA'TORRES, C. S. A.; TORRES, J. B. Biological and behavioural responses of the sugarcane borer parasitoid *Tetrastichus howardi* to insecticides. **Journal of Applied Entomology**, v. 147, p. 728-741, 2023.

COSTA, D. P. **Interações biológicas entre *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) e *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) no parasitismo de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açú-**



**car.** 2013. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GOMES, G. A.; WAJNBERG, E.; PARRA, J. R. P. Optimizing the releasing strategy used for the biological control of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* by *Trichogramma gallo* with computer modeling and simulation. **Scientific Reports**, v. 14, e9535, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60146-y>.

OLIVEIRA, J. S.; DINIZ, A. J. F.; REIGADA, C. Effects of interactions between the parasitoids *Tetrastichus howardi* and *Cotesia flavipes* on biological control of sugar cane borer *Diatraea saccharalis*: insights from an experimental study. **Entomologia Generalis**, v. 44, n. 5, p. 1283-1290, 2024. DOI: [10.1127/entomologia/2024/2629](https://doi.org/10.1127/entomologia/2024/2629).

PINTO, A. S. O caso de *Cotesia flavipes* na cana-de-açúcar no Brasil. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (ed.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 157-202. DOI: <https://doi.org/10.37856/2023.fealq.B0CSVL4KNBcap7>.

ROSSONI, C.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; RODRIGUES, A.; BARBOSA, R. H.; ZANUNCIO, J. C. Development of Eulophidae (Hymenoptera) parasitoids in *Diatraea saccharalis* (Lepi-



doptera: Crambidae) pupae exposed to entomopathogenic fungi. **The Canadian Entomologist**, v. 148, n. 6, p. 716-723, 2016. DOI: 10.4039/tce.2016.15.

TAGUTI, P. S.; RAMALHO, D. G.; NASCIMENTO, V. F.; SANTOS, L. C.; TAGUTI, E. A.; MIHSFELDT, L. H.; BORTOLI, S. A. Chemical and biological products used in sugarcane and their effect on *Trichogramma gallo*i. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 171, n. 9, p. 689-700, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.13363>.





# CAPÍTULO 10

MANEJO  
BIOLÓGICO DO  
PERCEVEJO-  
DA-SOJA COM  
PARASITOIDES



Fêmea de *Ooencyrtus submettallicus* parasitando ovs de percevejos da soja. Fotos: Alex Polatto Carvalho

Insetos parasitoides desempenham um papel fundamental na redução populacional de insetos-praga na cultura da soja, atuando tanto no controle biológico natural quanto como agentes de biocontrole. Dentre as espécies mais relevantes, destacam-se *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858) e, principalmente, *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygastriidae), considerados os parasitoides de ovos mais estudados e eficazes no controle de percevejos da soja. A importância desses agentes biológicos é reconhecida a ponto de já estarem registrados como bioprodutos comerciais para uso no manejo integrado de pragas (Bueno *et al.*, 2022). Sua ação parasítica contribui significativamente para a redução das populações de percevejos, oferecendo uma alternativa sustentável aos métodos convencionais de controle.

O gênero *Ooencyrtus* engloba mais de 300 espécies descritas em escala global (Noyes, 2019). Dentre elas, destaca-se *Ooencyrtus submettallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae), cuja primeira ocorrência foi registrada em Granada, nas Índias Ocidentais Britânicas, parasitando ovos de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae) (Wilson & Woolcock, 1960).



A espécie apresenta diversos sinônimos na literatura taxonômica: *Encyrtus submetallicus* (Howard, 1897; Noyes, 1979), *Habrolepoidea submetallica* (Howard, 1897) (Thompson, 1955) e *Syrphophagus submetallicus* (Howard, 1897) (Schmiedeknecht, 1909) (Gahan, 1927; Noyes, 1979, 2010). Sua distribuição geográfica abrange Costa Rica, Granada, Trinidad e Tobago, Cuba, Porto Rico, Barbados, Brasil e Argentina (De Santis, 1985).

No território brasileiro, *O. submetallicus* foi documentado parasitando ovos de *N. viridula* e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) no Paraná (Corrêa-Ferreira & Moscardi, 1995), em *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae) no Mato Grosso (Golin *et al.*, 2011), e em plantas de tomate adjacentes a cultivos de soja na região da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul (Ferreira, 2016).

As fêmeas adultas de *O. submetallicus* demonstram ampla capacidade de parasitismo (Figura 01), atacando ovos de diversas espécies de percevejos, incluindo *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Eduardo *et al.*, 2018), *Chinavia pengue* (Rolston, 1983) (Ferreira, 2016), além do lepidóptero *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) (Silva *et al.*, 2015). Estudos comprovaram seu sucesso no parasitismo de ovos de *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) tanto em condições de laboratório quanto de semicampo (Oliveira, 2018). Essa plasticidade no parasitismo, abrangendo espécies de Lepidoptera e Hemiptera, constitui um atributo potente dessa espécie de parasitoide.



*Oencyrtus submetallicus* caracteriza-se como um endoparasitoide que se reproduz por partenogênese telítoca em ovos de seus hospedeiros (Wilson & Woolcock, 1960), produzindo exclusivamente fêmeas diploides a partir de ovos não fertilizados (Stouthamer, 1997; Espinosa *et al.*, 2017), sem necessidade de acasalamento (Monti *et al.*, 2016). Embora raros, os machos podem ser produzidos sob condições específicas de temperatura, sendo 29,44 °C (85 °F), o limiar crítico para determinação sexual. Temperaturas inferiores a esse valor resultam exclusivamente em descendência feminina, enquanto exposições a temperaturas mais elevadas podem gerar indivíduos masculinos. Uma característica peculiar de sua biologia é a capacidade de uma mesma fêmea realizar múltiplas oviposições em um único ovo hospedeiro, embora, em casos de superparasitismo, geralmente apenas um ou dois indivíduos completem seu desenvolvimento (Wilson & Woolcock, 1960).

*Oencyrtus submetallicus* e *T. podisi* apresentaram desenvolvimento adequado na faixa térmica de 16 a 31 °C. Por meio da determinação das exigências térmicas, observou-se que *O. submetallicus* possui temperatura base (T<sub>b</sub>) de 6,77 °C e constante térmica (K) de 336,97 graus-dia (GD), enquanto *T. podisi* apresentou T<sub>b</sub> de 9,31 °C e K de 272,46 GD. O número estimado de gerações anuais nas diferentes localidades estudadas é apresentado na tabela 01 (Chaves *et al.*, 2021).



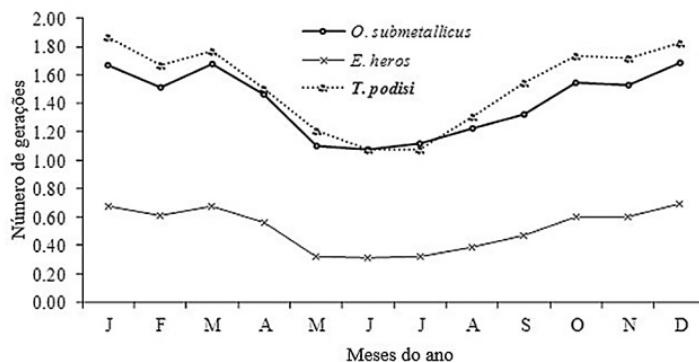
**Tabela 1.** Estimativa de gerações anuais de *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platigastridae), *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) e *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) para regiões produtoras de soja do Centro Sul do Brasil. UFGD, Dourados, MS. (Chaves, 2021).

Localidades	<i>T. podisi</i>	<i>O. submetallicus</i>	<i>E. heros</i>
Tupanciretã, RS	11,43	11,99	4,05
Mal. Cândido Rondon, PR	13,12	13,36	5,46
Maracaju, MS	15,47	15,26	7,41
Dourados, MS	18,29	18,33	9,76
Ponta Porã, MS	15,29	16,39	8,57
Sorriso, MT	18,82	18,78	11,03
Rio Verde, GO	15,05	14,92	7,06

*Ooencyrtus submetallicus* e *T. podisi* desenvolvem-se mais rápido que seu hospedeiro *E. heros* nas temperaturas estudadas, uma vez que ele apresentou exigências térmicas superior ao dos parasitoides, sendo  $T_b = 14,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $K = 327,8\text{ GD}$  (Cividanes e Parra, 1994). O número de gerações de ambos os parasitoides também foi maior que o do hospedeiro, nas condições de temperatura estudadas para as localidades selecionadas produtoras de soja do Centro-Oeste e Sul do Brasil, sendo Ponta Porã-MS, Dourados-MS, Maracaju-MS, Tupanciretã-RS, Mal. Cândido Rondon-PR, Sorriso-MT e Rio Verde-GO. O fato de o desenvolvimento ser mais rápido e o número de gerações dos parasitoides ser superior ao de seu hospedeiro, na mesma temperatura, são características importantes para programas de controle biológico, já que isso pode



ajudar na estabilidade e/ou na redução da população da praga no campo.



**Figura 01.** Estimativa do número médio mensal de gerações de *O. submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygastoridae) e de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) para o município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. UFGD, Dourados, MS. (Chaves, 2021).

*Ooencyrtus submetallicus* e *Telenomus podisi* apresentaram desenvolvimento e capacidade de parasitismo adequados na faixa de 16 a 31 °C, demonstrando adaptação às condições térmicas das principais regiões produtoras de soja.

Os estudos de tabela de vida, realizados por Chaves, 2021, com oferta diária de ovos hospedeiros até a morte de todas as fêmeas, revelaram:

- Longevidade média de fêmeas adultas:  
*O. submetallicus*:  $18,1 \pm 0,78$  dias;  
*T. podisi*:  $21,1 \pm 0,85$  dias.
- Parâmetros reprodutivos:
  - Taxa intrínseca de crescimento ( $r_m$ ): 0,16 (*O. submetallicus*) e 0,18 (*T. podisi*);



- Taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ): 58,30 e 52,34, respectivamente;
- Razão finita de aumento ( $\lambda$ ): 1,18 e 1,20;
- Tempo médio entre gerações (T): 24,47 e 21,24 dias;
- Tempo de duplicação populacional (DT): 4,17 e 3,69 semanas;

Com base nesses resultados, observa-se a equivalência no desempenho reprodutivo entre as espécies, confirmando seu potencial como agentes de controle biológico para *E. heros* em cultivos de soja (Chaves, 2021; Chaves *et al.*, 2021). Trabalhos de campo têm sido conduzidos para verificar se esse desempenho biológico também é similar.

### **Técnicas de produção do parasitoide *Ooencyrtus submetallicus***

Fêmeas de *O. submetallicus* de todas as idades parasitaram e se reproduziram em ovos de *N. viridula*, sendo 120 e 144 horas as melhores idades para a criação desse parasitoide (Faca, 2017; Faca *et al.*, 2021). Ovos de *E. heros* nas densidades (parasitoide: hospedeiro) de 1:3; 1:6; 1:9; 1:12; 1:15 ou 1:18 com parasitismo de 24 horas de *O. submetallicus* foram avaliados por Sanomia *et al* (2021). Como conclusão, *O. submetallicus* parasitou e se desenvolveu em ovos de *E. heros* em todas as densidades avaliadas, sendo 1:6 a melhor combinação de parasitoide e hospedeiro. Fêmeas de *O. submetallicus* conseguem se reproduzir com êxito em ovos de *E. heros* armazenados em nitro-



gênio líquido (-196 °C) por 0, 30, 60, 90, 120, 150 ou 180 dias (Sanomia, 2019).

Com base na avaliação das características biológicas, ovos de *E. heros*, *C. pengue*, *N. viridula*, *P. nigrispinus* e *Bombyx mori* Linneau, 1758 (Lepidoptera: Bombycidae) podem ser utilizados para criação do parasitoide, sendo este o primeiro relato para *B. mori*. Novos estudos para buscar melhorar o parasitismo e a emergência em ovos de *B. mori* são necessários. As densidades de 10 e 15 fêmeas de *O. submetallicus* foram as mais adequadas para criação desse parasitoide em ovos de *B. mori* (Carvalho, 2022).

Fêmeas de *O. submetallicus* conseguem parasitar e se desenvolver em ovos de *N. viridula* armazenados em ultrafreezer de 0 a 90 dias. Os resultados deste trabalho são extremamente relevantes para o uso desse parasitoide em programas de controle biológico de pragas, especialmente de percevejos e alguns lepidópteros que também são seus hospedeiros (Carvalho, 2022). Do mesmo modo, ovos de *E. heros* foram armazenados em nitrogênio líquido a -196 °C para o posterior parasitismo de fêmeas de *O. submetallicus* de 120 – 144 horas de idade, durante 24 horas de parasitismo por Sanomia, 2019. O autor concluiu que fêmeas de *O. submetallicus* conseguem se reproduzir em ovos de *E. heros* armazenados em nitrogênio líquido (-196 °C) por 0, 30, 60, 90, 120, 150 ou 180 dias com parasitismo e emergência acima de 70 %. Portanto, esses resultados também são relevantes para a produção dessa espécie de parasitoide em ovos de



*E. heros*, para atender demandas de produção e ser utilizada em larga escala na regulação populacional de percevejos durante períodos críticos de ocorrência de percevejos na soja.



**Figura 02.** Container de nitrogênio líquido HEXICRYO® capacidade de 20 L. **B.** Tubos criogênicos Corning® capacidade de 2 mL contendo ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) armazenados em nitrogênio líquido para criação de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae). Dourados-MS, UFGD, 2019. Fotos: Sanomia, 2019.

A criação em grande escala de parasitoides de percevejos é um dos principais entraves ao uso desses agentes biológicos. Visando suprir essa lacuna, o desempenho reprodutivo de *O. submetallicus* sobre o hospedeiro natural *E. heros* está sendo avaliado após ter sido criado, anteriormente, por seis gerações em ovos do hospedeiro alternativo *B. mori* e *E. heros*, conforme um experimento em andamento da tese de doutorado de Valeria Freitas Chaves.

### **Liberação de *O. submetallicus* e seletividade de pesticidas.**

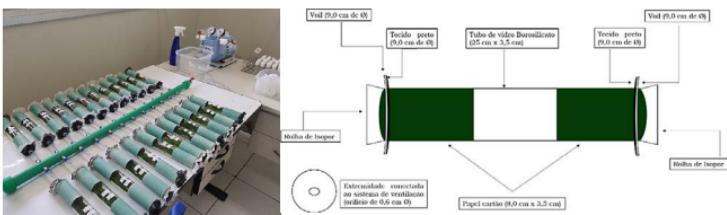
A determinação da densidade ideal de *O. submetallicus* e do momento mais adequado para liberação do parasitoide visando à redução populacional de *E. heros* em áreas comerciais de soja é essencial para



comprovar o potencial de *O. submetallicus* como mais uma opção biológica de manejo. Estudos em andamento nas teses de doutorado de Alex Polatto Carvalho e Valeria Freitas Chaves.

No contexto do manejo fitossanitário da soja, outro desafio significativo reside na compatibilidade entre o controle biológico e o uso de produtos fitossanitários. Nas lavouras convencionais, a aplicação de diversos defensivos agrícolas para controle de artrópodes-praga, microrganismos patogênicos e plantas daninhas frequentemente resulta em efeitos letais sobre os inimigos naturais. Essa toxicidade representa um dos principais obstáculos para a adoção em larga escala do controle biológico na cultura da soja no Brasil, exigindo o desenvolvimento de estratégias de manejo integrado que harmonizem essas diferentes táticas de controle.

Em estudos conduzidos pelo nosso grupo de pesquisa sobre a seletividade de pesticidas em relação a parasitoides, foram avaliados os efeitos de inseticidas como metomil, lambda-cialotrina + tiame toxam, beta-ciflutrina + imidacloprid, novaluron e teflubenzuron, utilizando as concentrações máximas recomendadas pelos fabricantes, com água como testemunha. A classificação da seletividade desses produtos foi realizada conforme as metodologias padronizadas pela IOBC, adotando o Sistema de Avaliação da Seletividade de Pesticidas em Condições de Laboratório Estendido (ASPECLE) (Figura 03), proposto por Miranda (2010).



**Figura 03.** Sistema ASPECLE e gaiola de seletividade para realizar testes de laboratório e laboratório estendido. Dourados-MS, UFGD, 2019. (Sanomia, 2019).

O grupo químico dos inseticidas influenciou significativamente sua toxicidade sobre *O. submetallicus*, afetando diversas características biológicas do parasitóide. As variáveis impactadas incluíram: número de ovos parasitados, taxa de parasitismo, emergência de adultos, mortalidade e redução do parasitismo. A razão sexual ( $1,00 \pm 0,00$ ) foi a única característica não afetada pela aplicação dos inseticidas.

Com base na classificação International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC), os inseticidas testados por (Sanomia *et al.*, 2020) foram categorizados da seguinte forma: Classe 4 (nocivos): metomil e lambda-cialotrina + tiame toxam; Classe 3 (moderadamente prejudiciais): beta-ciflutrina + imida-cloprid; Classe 1 (inócuos): novaluron e teflubenzuron. Trabalhos de campo precisam ser conduzidos, mas recomenda-se que os produtos classificados como Classe 3 e 4 sejam substituídos, sempre que possível, por alternativas mais seletivas aos inimigos naturais, visando preservar o controle biológico (Sanomia *et al.*, 2020).



## LIBERAÇÃO ESTRATÉGICA DE PARASITOIDES E MANEJO BIOLÓGICO SISTÊMICO NA CULTURA DA SOJA

A preservação de parasitoides que ocorrem naturalmente no campo, garantindo sua reprodução em quantidade e velocidade adequadas, é fundamental para manter as populações de percevejos da soja abaixo do nível de controle de forma eficiente e sustentável. Nesse contexto, a liberação estratégica desses agentes biológicos em áreas de refúgio dentro dos talhões se mostra essencial para o estabelecimento e o incremento populacional, além da preservação dos inimigos naturais já presentes no agroecossistema.

Recomenda-se a instalação das Estações Naturais de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES), conforme descrito no Capítulo 8, que funcionam como abrigos permanentes para reprodução e pontos estratégicos para novas liberações. Essas estações devem ser continuamente abastecidas com substratos alimentares naturais e artificiais, hospedeiros e presas inviabilizados, além de plantas produtoras de pólen e néctar, visando maximizar a sobrevivência e a reprodução dos agentes de controle biológico.

É crucial destacar que o uso de produtos fitossanitários sintéticos, principalmente os de amplo espectro, deve ser evitado nas áreas de refúgio, especialmente no entorno das BORNES. Essa abordagem integrada, que combina o controle biológico conservativo e aumentativo com estratégias otimizadas de liberação e reprodução *in situ*, permite o estabelecimento acele-



rado de populações robustas de agentes de controle biológico diretamente no campo. Denominado manejo biológico sistêmico, esse método considera as particularidades de cada sistema produtivo e pode proporcionar redução de custos e minimização dos impactos ambientais negativos.

## REFERÊNCIAS

BUENO, A. F.; PARRA, J. R. P.; COLOMBO, F. C.; COLMENAREZ, Y. C.; NARDE, B. V. F.; PEREIRA, F. F. Manejo de pragas com parasitoides. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (org.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília: Embrapa, 2022. v. 1, p. 417-434.

CARVALHO, A. P. **Parasitismo e desenvolvimento de *Ooencyrtus submetallicus* (Hym.: Encyrtidae) em ovos de percevejos pentatomídeos e de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J.R.P. Biologia em diferentes temperaturas e Exigências Térmicas de percevejos pragas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1841-1846, 1994.  
Doi: <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v23i2.935>

CHAVES, V. F. **Parasitismo e desenvolvimento de *Ooen-cyrtus submetallicus* (Hym.: Encyrtidae) e *Telenomus podisi* (Hym.: Platygastridae) em ovos de *Euschistus heros* (Hem.: Pentatomidae)**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.



CHAVES, V. F.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B.; SILVA, I. F.; PASTORI, P. L.; OLIVEIRA, H. N.; COSTA, V. A.; CARDOSO, C. R. G. Thermal Requirements of *Ooencyrtus submetallicus* (Hym.: Encyrtidae) and *Telenomus podisi* (Hym.: Platygastridae) Parasitizing *Euschistus heros* Eggs (Hem.: Pentatomidae). **Insects**, v. 12, p. 1-13, 2021.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biological Control**, v. 5, p. 196-202, 1995.

DE SANTIS, L. Dos notas sobre himenópteros calcidoideos parasitoides oófagos de hemípteros heterópteros (Insecta). **Revista Chilena de Entomología**, v. 12, p. 91-94, 1985.

EDUARDO, W. I.; TOSCANO, L. C.; TOMQUELSKI, G. V.; MARUYAMA, W. I.; MORANDO, R. Action thresholds for the soybean stink bug complex: phytotechnical and physiological parameters and egg parasitism. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 44, p. 165-171, 2018.

FACA, E. C. **Interações biológicas entre *Trissolcus urichi* (Hymenoptera: Scelionidae) e *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em ovos de *Nezara viridula* e *Chinavia pengue* (Hemiptera: Pentatomidae)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017.

FACA, E. C.; PEREIRA, F. F.; FERNANDES, W. C.; SILVA, I. F.; COSTA, V. A.; WENGRAT, A. P. G. S. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Trissolcus* sp. aff. *urichi* (Hymenoptera: Scelionidae) in Eggs of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) of Different Ages. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, p. 96-106, 2021.



FERREIRA, N. G. P. *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae): um potencial parasitoide de *Euschistus heros* e *Chinavia pengue* (Hemiptera: Pentatomidae). 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.

GAHAN, A. B. Miscellaneous descriptions of new parasitic Hymenoptera with some synonymous notes. **Proceedings of the United States National Museum**, v. 71, p. 1-39, 1927.

GOLIN, V.; LOIÁCONO, M. S.; MARGARÍA, C. B.; AQUINO, D. A. Natural incidence of egg parasitoids of *Edessa meditabunda* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) on *Crotalaria spectabilis* in Campo Novo do Parecis, MT, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 617-618, 2011.

HOWARD, L. O. On the Chalcididae of the Island of Grenada. **Journal of the Linnean Society (Zoology)**, v. 26, p. 129-178, 1897.

MIRANDA, G. A. S. **Padronização de metodologia para avaliar a seletividade de pesticidas sobre parasitoides de ovos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

MONTI, M. M.; NUGNES, F.; GUALTIERI, L.; GEBIOLA, M.; BERNARDO, U. No evidence of parthenogenesis-inducing bacteria involved in *Thripoctenus javae* thelytoky: an unusual finding in Chalcidoidea. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 160, p. 292-301, 2016.



NOYES, J. **Universal Chalcidoidea Database.** World Wide Web electronic publication. Disponível em: <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>. Acesso em: 16 fev. 2019.

NOYES, J. S. The West Indian species of Encyrtidae described by L. D. [sic] Howard, 1894 and 1897 (Hymenoptera, Chalcidoidea). **Systematic Entomology**, v. 4, p. 30-37, 1979.

NOYES, J. S. Encyrtidae of Costa Rica (Hymenoptera: Chalcidoidea), 3. Subfamily Encyrtinae: Encyrtini, Echthroplexiellini, Discodini, Oobiini and Ixodiphagini, parasitoids associated with bugs (Hemiptera), insect eggs (Hemiptera, Lepidoptera, Coleoptera, Neuroptera) and ticks (Acari). **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 84, p. 1-848, 2010.

OLIVEIRA, F. M. **Multiplicação de *Ooencyrtus submetallicus* em ovos de *Euschistus heros* armazenados em baixa temperatura e seu parasitismo em ovos de *Dichelops melacanthus* em laboratório e semi-campo.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biotecnologia) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

SANOMIA, W. Y. **Técnicas de produção de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) e seletividade de inseticidas.** 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.

SANOMIA, W. Y.; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F.; CARDOSO, C. R. G.; LUCCHETTA, J. T. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) in egg densities of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **The Canadian Entomologist**, v. 153, p. 1-10, 2021.



SANOMIA, W. Y.; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F. Seletividade de inseticidas a *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em condições ampliadas de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e61793, 2020.

SCHMIEDEKNECHT, O. Hymenoptera fam. Chalcididae. **Genera Insectorum**, v. 97, p. 1-550, 1909.

SILVA, A. S.; PIÑEYRO, N. G.; PRADO, A. S.; PEREIRA, F.; COSTA, V. A. Biologia do parasitoide *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em ovos de *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) praga da cultura de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: [s. n.], 2015.

SPINOSA, M. S.; VIRLA, E. G.; CUOZZO, S. Wolbachia Infections Responsible for Thelytoky in Dryinid Wasps. The Case of *Gonatopus bonaerensis* Virla (Hymenoptera: Dryinidae). **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 409-413, 2017.

STOUTHAMER, R. Wolbachia-induced parthenogenesis. In: O'NEILL, S. L.; HOFFMANN, A. A.; WERREN, J. H. (ed.). **Influential passengers: inherited microorganisms and arthropod reproduction**. Oxford: Oxford University Press, 1997. p. 102-124.

THOMPSON, W. R. **A catalogue of the parasites and predators of insect pests**. Section 2. Host parasite catalogue, Part 3. Hosts of the Hymenoptera (Calliceratid to Evaniid). Ottawa: Commonwealth Institute of Biological Control, 1955. 253 p.

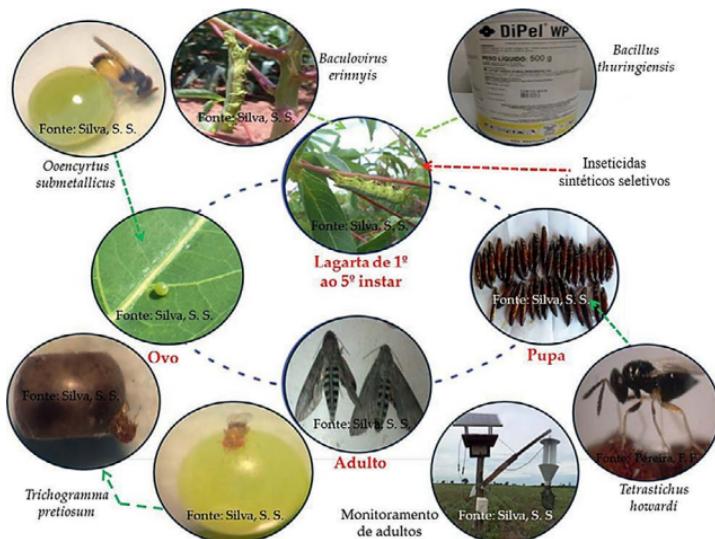
WILSON, F.; WOOLCOCK, L. T. Temperature determination of sex in a parthenogenetic parasite, *Ooencyrtus submetallicus* (Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae). **Australian Journal of Zoology**, v. 8, p. 153-169, 1960.





# CAPÍTULO 11

MANEJO  
BIOLÓGICO DO  
MANDAROVÁ-  
DA-MANDIOCA



**Figura 01.** Manejo biológico de *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) na cultura da mandioca. (Fonte: Silva et al., 2016; Silva, 2017).

*Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) destaca-se como a principal espécie de lepidóptero desfolhadador na cultura da mandioca, apresentando elevada capacidade de consumo foliar durante sua fase larval (Bellotti & Schoonhoven, 1978; Arias, Bellotti, 1983). Seu ciclo biológico completo (ovo-adulto) apresenta variações em função das condições climáticas. As fêmeas da espécie possuem uma longevidade de até 19 dias, durante os quais podem depositar cerca de 1.850 ovos, com aproximadamente 70% dessa postura ocorrendo nos primeiros sete dias de vida adulta (Bellotti et al., 1989).

Diversos métodos têm sido empregados no controle de *E. ello*, destacando-se, entre os mais eficazes, a utilização de agentes biológicos como bactérias e



vírus entomopatogênicos (Aguiar *et al.*, 2010; Quiroga-Cubides *et al.*, 2021). Embora o controle químico ainda seja amplamente adotado devido à rápida ação e à elevada mortalidade larval, seu uso indiscriminado pode acarretar desequilíbrios ambientais.

O monitoramento da fase adulta de *E. ello* pode ser realizado mediante armadilhas luminosas, permitindo a detecção precoce de infestações. Como alternativa sustentável, destaca-se a implementação de programas de controle biológico utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Essa estratégia apresenta duplo benefício: impede a eclosão das lagartas (responsáveis pela desfolha) e interrompe o ciclo reprodutivo de *E. ello*.

O processo de parasitismo apresenta características visíveis: os ovos de *E. ello* parasitados por *T. pretiosum* adquirem coloração escura a partir do quarto dia. O ciclo de desenvolvimento do parasitoide completa-se entre 9 e 12 dias, quando ocorre a emergência de novos indivíduos aptos a parasitar outros ovos, estabelecendo assim um controle biológico contínuo (Silva, 2017).

O manejo de *E. ello* deve seguir os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP). A estratégia inicia-se com o monitoramento sistemático de adultos através de armadilhas luminosas (Figura 1), permitindo a detecção precoce de infestações na área cultivada.



## MONITORAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DAS FASES BIOLÓGICAS:

Confirmada a presença de adultos, procede-se à amostragem criteriosa de ovos e lagartas em seus diferentes ínstares:

- 1º ínstar: lagartas com até 1 cm;
- 2º ínstar: até 2 cm;
- 3º ínstar: até 3 cm;
- 4º ínstar: 4-9 cm;
- 5º ínstar: aproximadamente 10 cm (podendo atingir 12 cm), quando iniciam a fase de pré-pupa.

Durante as amostragens, é fundamental verificar a ocorrência natural do parasitoide *T. pretiosum* atuando sobre os ovos de *E. ello*. Os parâmetros de intervenção estabelecem, quando detectados, os seguintes dados: 20 adultos/armadilha luminosa e ou 0,5 ovo/planta.

Recomenda-se imediatamente a liberação aumentativa de *T. pretiosum* para potencializar o controle biológico (Silva, 2017). Essa abordagem integrada permite o manejo eficiente da praga, reduzindo danos econômicos enquanto preserva o equilíbrio do agro-ecossistema.

## RECOMENDAÇÕES DE MANEJO DE *Erinnyis ello* (LEPIDOPTERA: SPHINGIDAE)

As amostragens para avaliação de eficiência devem ser realizadas três dias após a liberação dos agentes de controle, permitindo a quantificação adequada das taxas de parasitismo ou controle. Os três primei-



ros ínstars larvais (lagartas com até 3 cm de comprimento) causam danos foliares insignificantes (menos de 6% da área foliar total). Para esse estágio inicial, recomenda-se a aplicação de agentes biológicos: *Baculovirus erinnys* (Lefavirales: Baculoviridae) e *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (Eubacteriales: Bacillaceae).

A partir do quarto ínstar, observa-se um aumento exponencial no consumo foliar, sendo as lagartas responsáveis por aproximadamente 94% do dano total, com cada uma consumindo cerca de 12 folhas completamente desenvolvidas. A seleção do método de controle deve considerar o estágio de desenvolvimento da praga, nível de infestação e aspectos ambientais. Considerando o potencial destrutivo desses estágios, recomenda-se, de acordo com Silva, 2017:

## **1. *Baculovirus erinnys***

**Alvo:** Lagartas de *Erinnyis ello* (1º ao 3º ínstar)

**Dose:** 20 mL/ha de suspensão viral.

**Preparo do Inóculo:** Coletar 15 lagartas grandes (7-9 cm);

- Triturar em liquidificador com 5 mL de água;
- Filtrar o líquido em peneira fina para evitar obstrução dos bicos.

### **Aplicação:**

- Volume de calda: 200 L/ha;
- Momento ideal: primeira detecção de 1-3 lagartas/planta (Fig. 2);
- Nível de ação: 1-3 lagartas/planta (1º ao 3º ínstar);
- Frequência: aplicação única no início da infestação.



## 2. *Bacillus thuringiensis*

**Alvo:** Lagartas de *Erinnyis ello* (1º ao 3º ínstar)

**Dose:** 250-500 g/ha do produto comercial

### Aplicação:

- Volume de calda: 200 L/ha;
- Momento ideal: 1-3 lagartas/planta (até 3 cm de comprimento);
- Intervalo entre aplicações: 7-10 dias;
- Frequência: repetir conforme necessidade, monitorando a cultura;
- Critério: manter controle durante todo o período de desenvolvimento vegetativo.

### Observações técnicas:

1. Ambos os métodos são específicos para lagartas jovens (1º-3º ínstar);
2. A pulverização deve ser uniforme, com boa cobertura foliar;
3. Evitar aplicações sob sol intenso ou previsão de chuva;
4. Para lagartas maiores (4º-5º ínstar), considerar outras estratégias de controle;
5. Sempre realizar monitoramento pré e pós-aplicação.

## 3. *Trichogramma pretiosum* (Linhagen MS1)

### Estratégia de liberação:

Para o controle eficiente de *Erinnyis ello* na cultura da mandioca, recomenda-se a liberação de *T. pretiosum* (linhagem MS1) na quantidade de 36.000 a 54.000 adultos/ha, distribuídos em 10 a 15 pontos por hecta-



re. O protocolo de liberação deve ser iniciado quando o monitoramento com armadilhas luminosas detectar entre 20 a 30 adultos/noite e a presença média de 0,5 ovo/planta. Acima desse limiar, indica-se a dose máxima de 54.000 parasitoides/ha.

#### Parâmetros técnicos:

- **Número de liberações:** 1 a 3 aplicações, com intervalo de 5 a 10 dias;
- **Eficácia:** Até 87,4% de controle quando adequadamente executado;
- **Momento ideal:** Liberações matutinas (até 10h), evitando dias chuvosos;
- **Monitoramento obrigatório:** Deve preceder e acompanhar todas as liberações (Figura 2).

#### Vantagem econômica:

O método apresenta viabilidade financeira a partir de 2-3 hectares, com custos inferiores ao controle químico convencional (cipermetrina), variando entre R\$3,28 e R\$5,10 mais barato por hectare. Essa economia se torna mais expressiva quando considerada a sustentabilidade do sistema e os benefícios ecológicos da preservação da fauna benéfica.

#### RECOMENDAÇÕES COMPLEMENTARES DE ACORDO COM SILVA, 2017:

1. Ajustar o número de liberações conforme a pressão populacional da praga;
2. Manter rigoroso acompanhamento dos níveis de parasitismo;



3. Integrar com outras táticas de MIP para maior eficácia;
4. Considerar as condições microclimáticas para otimizar o estabelecimento dos parasitoides.

## LIBERAÇÃO ESTRATÉGICA DE PARASITOIDES E MANEJO BIOLÓGICO SISTÊMICO NA CULTURA DA MANDIOCA

A utilização de pesticidas sintéticos em cultivos convencionais de mandioca para o controle de artrópodes-praga representa um sério obstáculo para a implementação do controle biológico. Muitos desses produtos demonstram elevada toxicidade aos inimigos naturais, comprometendo a estabilidade dos agroecossistemas. Essa interferência química constitui uma das principais barreiras para a adoção em larga escala de métodos biológicos de controle.

A manutenção de populações de parasitoides - tanto de ocorrência natural quanto de ocorrência introduzida - revela-se fundamental para o controle sustentável de *E. elho*. A estratégia de liberação em áreas de refúgio dentro dos talhões permite o estabelecimento progressivo desses agentes biológicos, preservando simultaneamente a fauna benéfica existente. Complementarmente, recomenda-se a instalação das Estações Naturais de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES), conforme detalhado no Capítulo 8, que funcionam como núcleos para reprodução e liberação desses organismos.

É imprescindível evitar a aplicação de produtos fitossanitários sintéticos, particularmente os de amplo



espectro, nas áreas de refúgio e no entorno das BORNES. A integração do controle biológico conservativo e aumentativo, adaptado às condições específicas de cada unidade produtiva de mandioca, mostra-se promissora. Tal como observado nas culturas da cana-de-açúcar, soja e eucalipto, essa abordagem sistêmica do manejo biológico de insetos pode proporcionar redução de custos operacionais e significativa diminuição dos impactos ambientais negativos, garantindo maior sustentabilidade ao sistema produtivo.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. B.; LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; BICUDO, S. J. Monitoramento do mandarová da mandioca (*Erinnyis ello* L. 1758) para o controle com *baculovirus* (*Baculovirus erinnys*). **Revista Trópica - Ciências Agrária e Biológicas**, v. 4, p. 55, 2010.
- ARIAS, B.; BELLOTTI, A. C. Eficiencia del *Bacillus thuringiensis*, sobre el gusano cachon de la yuca *Erinnyis ello*, en un programa de control biológico. In: JESUS, A.; REYES, M. S. C. (ed.). **Yuca: control integrado de plagas**. [S. l.]: CIAT, 1983. p. 227-234.
- BELLOTTI, A.; SCHOONHOVEN, A. V. **Cassava pests and their control**. [S. l.: s. n.], 1978. 89 p.
- BELLOTTI, A. C.; ARIAS, B. V.; REYES, J. A. Q. (ed.). **Manejo integrado de *Erinnyis ello* (L) (gusano cachón de la yuca)**. [S. l.]: CIAT, 1989. 64 p.



QUIROGA-CUBIDES, G. M.; TOLOZA-MORENO, D.; BARRERA, G.; GÓMEZ, J.; RUIZ, J.; GOMEZ, M. I.; CORTÉS-ROJAS, D. F. Formulação de um biopesticida à base do betabaculovírus *Erinnyis ello* ErelGV: análise de operações unitárias. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 20, n. 2, p. 989-1004, 2021. DOI: 10.24275/rmiq/Proc2347.

SILVA, A.S.; PIÑEYRO, N. G.; PEREIRA, F.F.; BARBOSA, R.H.; TORRES, J.B. Manejo integrado de *Erinnyis ello* (Linneaus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) na cultura da mandioca. **Boletim técnico**. v.1, n. 3, p. 01-06, 2016.

SILVA, A. S. **Controle biológico de *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) com parasitoides na cultura da mandioca**. 2017. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017.



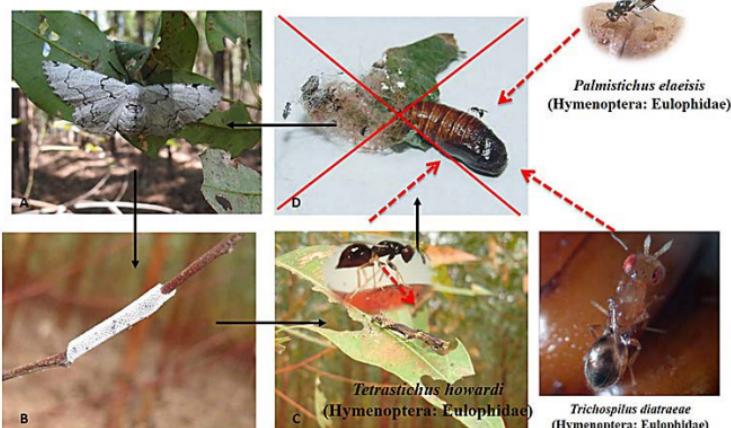
# CAPÍTULO 12

MANEJO  
BIOLÓGICO DE  
LEPIDÓPTEROS  
DESFOLHADORES  
E DO PSILÍDEO-  
DE-CONCHA EM  
EUCALIPTO



LAGARTA-PARDA-DO-EUCALIPTO  
*Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae)

MICRO-VESPAS, PARASITOIDES  
 MACROBIOLÓGICOS



**Figura 01.** Parasitoides para equilíbrio populacional de lepidópteros desfolhadores em eucalipto.

O setor florestal tem se destacado como um importante vetor de desenvolvimento econômico e social em Mato Grosso do Sul. Com a recente expansão do segmento, impulsionada pela instalação de grandes indústrias como Arauco e Suzano (Souza, 2022), estima-se que a área plantada de eucalipto ultrapasse os atuais 1,4 milhão de hectares. Esse crescimento tem gerado milhares de empregos e transformado profundamente a região leste do estado.

Mato Grosso do Sul consolida-se como o terceiro maior estado brasileiro em área cultivada com eucalipto. A infraestrutura industrial inclui três fábricas de papel e celulose em Três Lagoas e uma unidade produtora de MDF em Água Clara. Dois megaprojetos em andamento, liderados por Arauco e Suzano, representam investimentos superiores a R\$ 30 bilhões para a



construção de novas unidades fabris em Ribas do Rio Pardo e Inocência (Wilcken *et al.*, 2021; Souza, 2022), reforçando a posição estratégica do estado no cenário florestal nacional.

A produção florestal em larga escala, assim como a agricultura intensiva, enfrenta diversos desafios fitossanitários que podem comprometer significativamente a produtividade. Entre os principais problemas, destacam-se a ocorrência de insetos-praga, doenças e plantas daninhas, que exigem estratégias específicas de manejo integrado. No caso específico das plantações de eucalipto no Brasil, os principais insetos-praga incluem coleópteros desfolhadores, cupins de solo, formigas cortadeiras, grilos e lepidópteros desfolhadores (Lemes; Zanuncio, 2021). Merecem atenção especial três espécies introduzidas que causam danos econômicos relevantes: o psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 - Hemiptera: Psyllidae) (Figura 02a), o percevejo-bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 - Hemiptera: Thaumastocoridae (Figura 03A) e a vespa-da-galha (*Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle, 2004 - Hymenoptera: Eulophidae) (Kenis *et al.*, 2019). Essas espécies, por serem exóticas, representam um desafio particular para o manejo florestal no Brasil, exigindo monitoramento constante e estratégias de controle específicas.



**Figura 02.** Larva de *Chrysoperla externa* predando ninfas de *Glycaspis brimblecombei* em eucalipto.

O psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*), espécie nativa da Austrália, tem causado danos significativos em plantações de *Eucalyptus* spp., especialmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. As ninfas desse inseto produzem uma estrutura característica em formato de concha (Figura 2A), sob a qual permanecem protegidas enquanto se alimentam da seiva das plantas por aproximadamente 15 dias, até completarem seu desenvolvimento para a fase adulta, com ciclo biológico total de 22 dias. Durante esse processo alimentar, os danos causados incluem: redução da área fotossintética ativa, secamento dos ponteiros e indução ao desenvolvimento de fumagina. Os sintomas mais evidentes compreendem descoloração foliar e queda prematura das folhas maduras, resultando em comprometimento do crescimento das árvores. Em situações de infestações intensas, esse inseto podeoccasionar a morte das plantas, representando séria ameaça à produtividade dos plantios florestais (Wilcken *et al.*, 2015; Firmino-Winckler *et al.*, 2009).

O psilídeo-de-concha *G. brimblecombei* possui como principal inimigo natural o parasitoide *Psylla-*



*ephagus bliteus* Riek, 1962 (Hymenoptera: Encyrtidae). Entretanto, os surtos recorrentes dessa praga em plantações de *Eucalyptus* spp. (Tuller *et al.*, 2017) demonstram que o parasitismo natural tem se mostrado insuficiente para seu controle efetivo em condições de campo. O crisopídeo *Chrysoperla externa*, espécie amplamente distribuída na região Neotropical e adaptada a diversos habitats, tem sido frequentemente observado em plantios de eucalipto infestados por *G. brimblecombei* e *Thaumastocoris peregrinus*, sugerindo seu potencial como agente de controle biológico para ambas as espécies exóticas (Cuello *et al.*, 2019). Contudo, existem poucos estudos que avaliem sistematicamente a eficácia de *C. externa* no controle dessas pragas, particularmente no caso de *G. brimblecombei*, tornando necessárias pesquisas que investiguem: (1) seus parâmetros biológicos quando alimentado com diferentes espécies-praga; (2) sua capacidade predatória frente a diversas linhagens do psilídeo; e (3) as densidades populacionais ideais para liberação por hectare, visando reduzir e manter as populações de *G. brimblecombei* abaixo dos níveis de dano econômico. Esses estudos são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias eficientes de manejo biológico dessa praga florestal.

*Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Iridopsis panopla* (Prout, 1932) (Lepidoptera: Geometridae) têm apresentado surtos populacionais significativos nos últimos anos, particularmente na mesorregião Leste de Mato Grosso do Sul, onde se concentram os maiores



sistemas de produção de eucalipto (Lucchetta *et al.*, 2022). Dados coletados por silvicultores de 13 empresas revelaram que, durante os anos de 2020 e 2021, essas espécies causaram danos em aproximadamente 670.000 hectares de plantações. No entanto, conforme registros da Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (REFLORE-MS), apenas 360.000 hectares receberam monitoramento e controle adequados (Pereira, 2023). Recentemente, foi documentada a ocorrência de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) (Figura 03B) em áreas comerciais de eucalipto (Oliveira *et al.*, 2024), ampliando o espectro de preocupações fitossanitárias na região. Diante desse cenário, foi fundamental a implementação de um programa contínuo de monitoramento, associado a estratégias emergenciais de controle, para mitigar os impactos econômicos decorrentes da ação desses lepidópteros desfolhadores (Pereira, 2023).



**Figura 03.** Adultos e ninhas de *Thaumastocoris peregrinus* (A) e lagarta de *Spodoptera cosmioides* (B) em folha de eucalipto.



As empresas associadas à REFLORE-MS vêm implementando estratégias abrangentes para o manejo de pragas e doenças em seus plantios florestais, com destaque para o combate aos lepidópteros desfolhadores. Essas iniciativas incluem desde o monitoramento sistemático até a liberação de inimigos naturais e a aplicação aérea de produtos microbiológicos, complementadas por estudos preditivos. Dados de uma das empresas revelam que, entre 2014 e 2023, foram investidos R\$ 762.892,00 em liberações de parasitoides, cobrindo uma área de 96.698 hectares. Além dos custos diretos com controle, as perdas produtivas decorrentes da desfolha representam um impacto significativo, podendo reduzir o volume de madeira em 10% a 40% ao final do ciclo de cultivo (6-7 anos). Conforme explica o Prof. Carlos Frederico Wilcken, especialista na área, essa variação depende de três fatores críticos: (1) intensidade do desfolhamento (parcial ou total), (2) frequência dos eventos de desfolha e (3) material genético plantado (clones ou espécies). O surto ocorrido em 2021 resultou em perdas estimadas em 35.225.475 m<sup>3</sup> de madeira no estado, equivalentes a R\$ 1.761.273.780,00, demonstrando o expressivo impacto econômico dessas pragas no setor florestal sul-mato-grossense.

Embora existam produtos biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (Eubacteriales: Bacillaceae) e inseticidas químicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle de desfolhadores como *T. arnobia*, a ocor-



rência de *I. panopla* tem gerado crescente preocupação entre os silvicultores, particularmente no estado de Mato Grosso do Sul (Lucchetta, 2022). Diante desse cenário, o setor florestal demanda urgentemente pesquisas que aprofundem o conhecimento sobre os aspectos biológicos e comportamentais desses insetos fitófagos, com ênfase no desenvolvimento de medidas sustentáveis de controle. Nesse contexto, os produtos biológicos emergem como alternativa prioritária, sendo um dos principais focos de estudo apoiado pelos representantes da silvicultura nacional, que buscam soluções eficazes e ambientalmente responsáveis para o manejo integrado dessas pragas florestais.

*Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993, *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) e *Trichospilus diatraeae* Cheiran & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) destacam-se como importantes macrobiológicos no controle de pragas agrícolas e florestais, atuando principalmente no estágio de pupa de lepidópteros desfolhadores. As pesquisas com esses agentes de controle biológico, desenvolvidas ao longo de mais de duas décadas, resultaram em avanços significativos no manejo integrado de pragas, consolidados no capítulo de livro: PEREIRA F. F., PASTORI P. L., KASSAB S. O., TORRES J. B., CARDOSO C. R. G., FERNANDES W. C., OLIVEIRA H. N., ZANUNCIO J. C. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (eds) Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura Brasileira. Piracicaba: FEALQ, 2021,



p. 317-361. Nesse trabalho, os autores apresentam, de forma abrangente, as potencialidades desses parasitoides, seu modo de ação, técnicas de criação e aplicações práticas, representando uma importante contribuição científica para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo biológico com parasitoides na agricultura e na silvicultura do Brasil.

O parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) demonstrou relevante potencial para o controle de *I. panopla* em plantios comerciais de *Eucalyptus urograndis* em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, conforme estudo pioneiro de Santos *et al.* (2024). Essa pesquisa, que representa o primeiro registro da espécie como agente de controle biológico para eucalipto no Brasil, avaliou o parasitismo em condições de laboratório e de campo, obtendo resultados promissores.

Em condições controladas de laboratório, os ovos de *I. panopla* mostraram-se adequados para o desenvolvimento de *T. pretiosum*, alcançando taxas de parasitismo de  $78,33 \pm 3,86\%$ . Em condições de campo, a liberação de 72.000 fêmeas adultas por hectare resultou em parasitismo de  $24,55 \pm 5,46\%$ , eficiência suficiente para reduzir significativamente os surtos populacionais da praga. Os autores sugerem que estratégias de liberações múltiplas poderiam potencializar ainda mais esses resultados, hipótese que motivou a proposição de novos experimentos (Santos *et al.*, 2024).

Atualmente, *T. pretiosum* vem sendo produzido em escala no Laboratório de Controle Biológico de Insetos



(LECOBIOL/UFGD) e aplicado em plantios comerciais de eucalipto como parte de um programa de validação de seu potencial para o manejo integrado de lepidópteros desfolhadores na região Centro-Oeste do Brasil, com ênfase em Mato Grosso do Sul.

Nos últimos sete anos, o Grupo de Pesquisa “Controle Biológico de Insetos” da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em parceria estratégica com a REFLORE-MS (Associação dos Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas) e empresas especializadas em controle biológico - incluindo Sistêmica Kovê, Grupo Vittia e Koppert - tem desenvolvido pesquisas inovadoras com apoio institucional do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), CNPq, CAPES e FUNDECT. Essas colaborações, que incluem financiamento de projetos de pesquisa e concessão de bolsas estudantis, resultaram em avanços científicos e técnicos significativos.

O principal resultado desse trabalho conjunto foi a elaboração das Especificações de Referência 49, 50 e 51, publicadas oficialmente pelo MAPA. Essas especificações regulamentam o uso de novos bioinsumos à base de *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* para o controle biológico de lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto, que já se encontram disponíveis no mercado brasileiro. Esses produtos representam uma alternativa sustentável e eficaz para o manejo integrado de pragas florestais, consolidando o papel da pesquisa científica no desenvolvimento de soluções para o setor florestal.



## *Palmistichus elaeisis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE): UM IMPORTANTE PARASITOIDE DE PUPAS NO CONTROLE BIOLÓGICO.

*Palmistichus elaeisis* é um endoparasitoide de pupas pertencente à família Eulophidae, com registros de parasitismo em espécies de Lepidoptera e Coleóptera (Figura 04AB). Sua distribuição geográfica abrange Colômbia, Panamá, Costa Rica, Equador e Brasil, sendo sua descrição taxonômica detalhada e sua chave de identificação do gênero publicadas por Delvare e LaSalle em 1993.



**Figura 04.** Fêmea (A) e macho (B) de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). Fotos: Bhrenno M. Trad.

### Registros históricos no Brasil:

Os primeiros espécimes brasileiros foram coletados em:

- 08/11/1937: em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lepidoptera: Arctiidae) em Campinas, SP;



- 12/10/1977: no mesmo hospedeiro em Tupa-ciguara, MG;
- Setembro/1967: em pupas de *Euselasia eucerus* (Hewitson, 1872) (Lepidoptera: Riodinidae) em plantios de eucalipto em Minas Gerais.

### Ocorrências posteriores:

- Pupas de *Sabulodes* spp. (Guenée, 1858) em Itatinga, SP (Bittencourt; Berti filho, 1999);
- Pupas de *Dione juno juno* (Cramer, 1779) em Nova Friburgo, RJ (Gil-Santana; Tavares, 2006a, b);
- Pupas de *Thyrinteina arnobia* em eucalipto em Viçosa, MG (Pereira *et al.*, 2008a).

Atualmente, *P. elaeisis* vem sendo empregado como agente de controle biológico de lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, São Paulo e, especialmente, Mato Grosso do Sul.

### ***Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) no Brasil**

*Trichospilus diatraeae* é um importante parasitoide de pupas com ampla distribuição no território brasileiro (Figura 05 AB). Seu primeiro registro no país data de 1996, quando foi identificado em pupas de Arctiidae em Piracicaba, SP (Paron; Berti filho, 2000).



**Figura 05.** Macho (A) e fêmea (B) de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Encyrtidae). Fotos: Bhrenno M. Trad.

### Registros históricos por hospedeiro e localidade:

- 2001: Pupas de *Cerconota anonella* (Sepp, 1830) (Lepidoptera: Oecophoridae) em Planaltina, DF (Oliveira *et al.*, 2001).
- 2008: Pupas de *Thyrinteina arnobia* em cultivos de eucalipto em Viçosa, MG (PEREIRA *et al.*, 2008b).
- 2010:
  - » Pupas de *Melanolophia consimilaria* (Walker, 1860) (Lepidoptera: Geometridae) em Botucatu, SP (Zaché *et al.*, 2010a);
  - » Pupas de *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848 (Lepidoptera: Pyralidae) (Zaché *et al.*, 2010b).
- 2011:
  - » Pupas de *Euselasia eucerus* (Zaché *et al.*, 2011a);
  - » Pupas de *Sarsina violascens* (Herrich-Schäffer, 1856) (Lepidoptera: Lymantriidae) (Zaché *et al.*, 2011b).
- 2022: Pupas de *Iridopsis panopla* em cultivos de eucalipto no Mato Grosso do Sul (Lucchetta *et al.*, 2022).



A ampla diversidade de hospedeiros e a distribuição geográfica de *T. diatraeae* demonstram seu potencial como agente de controle biológico para diversas espécies de lepidópteros-praga em sistemas agrícolas e florestais no Brasil.

### ***Tetrastichus howardi* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE): UM PARASITOIDE VERSÁTIL COMO AGENTE DE CONTROLE BIOLÓGICO**

*Tetrastichus howardi* é um parasitoide gregário de importância econômica, com registros de parasitismo em diversas espécies de Lepidoptera e Coleoptera. Seu potencial como agente de controle biológico tem sido amplamente estudado em vários países (Kfir *et al.*, 1993; Felix *et al.*, 2005; La Lalle; Polaszek, 2007; Vargas *et al.*, 2011), demonstrando notável plasticidade ao parasitar diferentes estágios de desenvolvimento do hospedeiro - incluindo larvas, pré-pupas, pupas e até adultos, como observado em *Diatraea saccharalis* em condições de laboratório sem chance de escolha (Pereira *et al.*, 2015; Fernandes, 2018).

#### **Ocorrência e identificação no Brasil:**

No contexto brasileiro, *T. howardi* foi inicialmente registrado:

- Em pupas de *Plutella xylostella* em cultivos de brássicas (Silva-Torres *et al.*, 2010);
- Em pupas de *D. saccharalis* em cultivos de milho (Cruz *et al.*, 2011);
- Em pupas de *Diatraea* sp. em canaviais de Dourados, MS (Vargas *et al.*, 2011).



Vale destacar que essa espécie foi originalmente descrita como *Aprostocetus* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Eulophidae), sendo posteriormente reclassificada como *T. howardi* com base em estudos taxonômicos mais aprofundados (La Salle, 1994; González et al., 2003; Álvarez et al., 2007). Essa reclassificação ilustra a complexidade da sistemática desse grupo de parasitoides e a importância de revisões taxonômicas contínuas. Essa questão será melhor resolvida com o uso da taxonomia integrativa.



**Figura 06.** Macho vista lateral (A) e vista frontal (B) de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae). Fotos: Bhrenno M. Trad.

Atualmente, *T. howardi* (Figura 06) vem sendo empregado como agente de controle biológico de lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, São Paulo e, especialmente, Mato Grosso do Sul. Além disso, *T. howardi* tem sido liberado nas culturas de cana-de-açúcar e de brássicas visando sua validação no manejo de populações de *D. saccharalis* no Mato Grosso do Sul e *P. xylostella* em Pernambuco.



## *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE): O PARASITOIDE DE OVOS DE INSETOS MAIS ESTUDADO NO BRASIL

*Trichogramma pretiosum* destaca-se como o parasitoide de ovos mais estudado e utilizado no Brasil, com registros de parasitismo em diversas culturas agrícolas e florestais. Sua ocorrência está documentada em ovos de *Oxydia vesulia* (Cramer, 1779) (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto (Oliveira *et al.*, 2011), *Alabama argillacea* (Hübner, 1823) em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) (Soares *et al.*, 2000), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em milho (*Zea mays* L.) (Beserra; Parra, 2003), *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) em repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) (Pereira *et al.*, 2004), *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) e *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Pratissoli *et al.*, 2005), além de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) em cana-de-açúcar e milho (Geremias; Parra, 2014).



**Figura 07.** Ovos de *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae) (A) em troncos de eucalipto e parasitismo por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (B). Três Lagoas, MS, 2021. (Santos *et al.*, 2024)



O parasitismo natural de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* coletados em plantios comerciais de *Eucalyptus urograndis* foi registrado pela primeira vez em Brasilândia, Mato Grosso do Sul (Santos *et al.*, 2021, 2024). Esse achado, observado após 10 dias da coleta dos ovos, abriu novas perspectivas para o controle biológico desse inseto-praga em florestas plantadas de eucalipto. Paralelamente, nosso grupo de pesquisa tem investigado o potencial de *T. pretiosum* para o manejo de *S. cosmioides*, espécie polífaga que, além de atacar culturas como a soja, vem sendo registrada em plantios de eucalipto no Mato Grosso do Sul, representando um novo desafio fitossanitário para o setor florestal.

### ***Bacillus thuringiensis* COMO AGENTE MICROBIOLÓGICO**

*Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (Eubacteriales: Bacillaceae) é uma bactéria gram-positiva, flagelada e formadora de esporos, comumente encontrada no solo e em diversos substratos naturais. Essa bactéria possui ação inseticida específica contra espécies de Coleoptera e Lepidoptera, sendo amplamente utilizada no controle biológico de pragas (Polancryk; Alves, 2003).

O modo de ação de *B. thuringiensis* inicia-se com a ingestão dos cristais proteicos pelas larvas-alvo. No ambiente alcalino do intestino médio dos insetos, ocorre a solubilização desses cristais e a ativação das protoxinas por proteases digestivas. As toxinas ativadas ligam-se a receptores específicos nas microvilosidades das células epiteliais intestinais, formando oli-



gômeros que se inserem na membrana celular. Esse processo resulta na formação de poros que levam à lise celular, causando paralisia do sistema digestivo, seguida por inanição, paralisia muscular geral e sep-ticemia (Polancryk; Alves, 2003).

## APLICAÇÕES DE *Bacillus thuringiensis* NO CONTROLE DE PRAGAS FLORESTAIS

Atualmente, existem produtos à base de *B. thuringiensis* registrados pelo MAPA para o controle de *T. arnobia*, principal lepidóptero desfolhadador de eucalipto no Brasil. No entanto, os frequentes surtos populacionais de *I. panopla* em Mato Grosso do Sul têm preocupado os silvicultores (Pereira, 2023), destacando a necessidade urgente de registro de produtos específicos para o controle dessa praga emergente. A eficácia comprovada de *B. thuringiensis* contra outros lepidópteros sugere seu potencial como alternativa sustentável para o manejo dessa nova ameaça aos plantios florestais.

## USO DE CRISOPÍDEOS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS FLORESTAIS

Dentre as espécies mais utilizadas em programas de controle biológico, destacam-se *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae), cuja eficácia tem sido comprovada em diversos estudos (Figueira *et al.*, 2000; Bezerra *et al.*, 2009; Filho *et al.*, 2015; Pappas, 2011; Nunes, 2017; Almeida, 2020; Scudeler, 2020). Essas espécies apresentam características biológicas



favoráveis, como alta capacidade predatória e adaptabilidade a diferentes sistemas agrícolas, tornando-as valiosas aliadas no controle biológico aplicado.

Os crisopídeos representam importantes agentes de controle biológico no manejo de diversas pragas agrícolas, incluindo ácaros, cochonilhas, ovos e larvas de lepidópteros, além de moscas-brancas. Suas larvas (Figura 2B) destacam-se como predadores naturais altamente eficientes, demonstrando notável capacidade de busca e localização de presas. O mecanismo de predação envolve a inoculação de enzimas digestivas que promovem a liquefação dos tecidos internos das presas, facilitando sua ingestão.

*Chrysoperla externa* apresenta potencial como agente de controle biológico para diversas pragas que afetam os plantios de eucalipto no país. Entre as espécies de maior importância econômica e difícil controle destacam-se: o psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae), os psilídeos-de-ponteiro *Ctenarytaina spatulata* (Taylor, 1997) e *Ctenarytaina eucaleypti* (Maskell, 1890) (Hemiptera: Psyllidae), *Blastopsylla occidentalis* (Taylor, 1985) (Hemiptera: Aphalaridae) e o percevejo-bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* (Carpintero & Dellapé, 2006) (Hemiptera: Thaumastocoridae) (Santos *et al.*, 2008).

Originário da Austrália, *G. brimblecombei* ataca diversas variedades de eucalipto, sendo *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus tereticornis* as mais suscetíveis (Brennan *et al.*, 2001). No Brasil, foi registrado pela primeira



vez em 2003 em plantios de *Eucalyptus urograndis* no estado de São Paulo, expandindo-se posteriormente para Goiás, Minas Gerais e Paraná (Santana *et al.*, 2003). Entre os danos causados, destacam-se desfolha, desenvolvimento de fumagina e secamento das plantas, resultando em redução de crescimento e, em casos severos, morte das árvores. Esses impactos têm estimulado pesquisas sobre estratégias de controle biológico.

O principal inimigo natural de *G. brimblecombei* é o parasitoide *Psyllaephagus bliteus* Riek, 1962 (Hymenoptera: Encyrtidae). No entanto, surtos recentes em plantios de eucalipto (Tuller *et al.*, 2017) indicam que o parasitismo natural tem sido insuficiente para o controle efetivo da praga. *Chrysoperla externa*, espécie neotropical amplamente distribuída, tem sido observada em áreas infestadas por *G. brimblecombei* e *T. peregrinus*, sugerindo potencial como agente de controle para ambas as pragas (Cuello *et al.*, 2019).

## PESQUISAS RECENTES E PERSPECTIVAS

Nosso grupo de pesquisa tem investigado a eficiência de *C. externa* e *Ceraeochrysa* sp. no controle de *G. brimblecombei*. Em condições controladas, *C. externa* completou seu ciclo vital em 111,53 dias com produção de 840 ovos por fêmea, enquanto *Ceraeochrysa* sp teve ciclo de 93,18 dias e 126 ovos por fêmea. As taxas de predação foram de 189,04 e 115,8 ninfas de *G. brimblecombei* por indivíduo, respectivamente (Costa, 2025). Estudos em condições de campo estão em andamento para avaliar o desempenho desses predadores considerando a influência de fatores bióticos e abióticos.

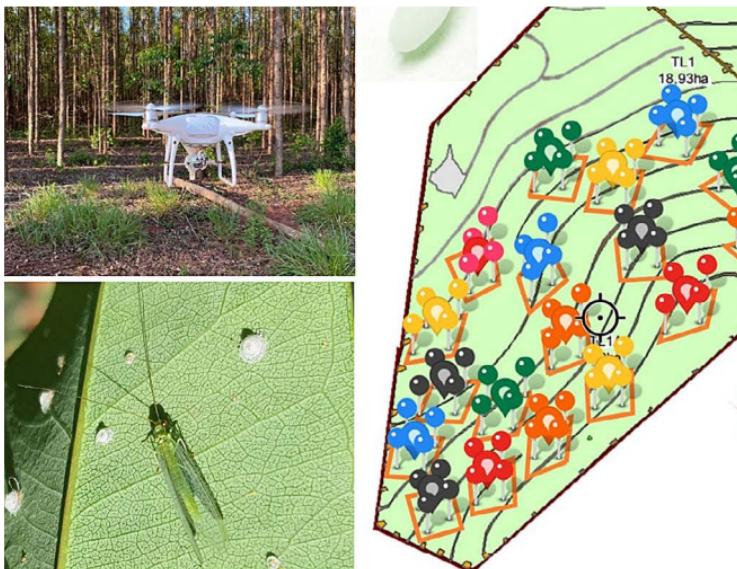


## REGISTRO NO MAPA.

*Chrysoperla externa* foi registrado como produto biológico para controle de *G. brimblecombei* no Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA sob o número 11823 pela Empresa Vittia. A recomendação foi de 1000 a 2000 indivíduos/hectare, podendo ser realizadas até 4 liberações no início de infestação da praga em intervalo de sete dias.

## RESULTADOS DO CONTROLE BIOLÓGICO DE *Glycaspis brimblecombei* EM PLANTIOS COMERCIAIS DE EUCALIPTO NO MATO GROSSO DO SUL

Em plantios comerciais de eucalipto com infestação superior a 20 ninfas de *G. brimblecombei* por folha (avaliadas em amostras de 10 folhas por árvore, totalizando 15 árvores por tratamento), realizamos liberações aéreas de ovos de *C. externa* utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Trinta dias após a aplicação, observou-se um incremento de 24,55% na população do predador e redução de 22% na população da praga nas áreas tratadas, em comparação com a testemunha. Nas áreas com manejo químico convencional, a redução foi de 42%, porém sem aumento na população de inimigos naturais (Figura 08).



**Figura 08.** Esquema de experimento com liberação de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) em plantios comerciais de eucalipto.

## AVALIAÇÃO DE RESULTADOS E FATORES CLIMÁTICOS

Após 60 dias, todos os tratamentos apresentaram populações da praga abaixo de 1-3 ninfas por folha. Essa redução pode ser atribuída tanto aos métodos de controle adotados quanto às condições climáticas desfavoráveis (precipitações e temperaturas elevadas) registradas entre 60 e 90 dias após a primeira amostragem.

### Análise econômica

As medições realizadas um ano após o experimento, seguindo delineamento em blocos casualizados, revelaram que:



- O maior volume de madeira ( $52,03\text{ m}^3/\text{ha}$ ) foi obtido no tratamento com 5.000 ovos de *C. externa*/ha (espaçamento  $3,4 \times 2,6\text{ m}$ ; 1.131 árvores/ha);
- O tratamento químico produziu  $47,50\text{ m}^3/\text{ha}$ ;
- A testemunha apresentou  $40,72\text{ m}^3/\text{ha}$ .

Considerando o valor atual de R\$ 140,00/ $\text{m}^3$  de eucalipto e descontando os custos dos produtos utilizados, os valores líquidos foram:

- Controle biológico: R\$ 7.284,00/ha;
- Controle químico: R\$ 6.650,00/ha;
- Testemunha: R\$ 5.700,00/ha.

## Recomendações para aplicação prática

Atualmente, para inoculação e construção da população de *C. externa* como agente de controle, recomendamos:

- Duas aplicações de 2.000 ovos cada;
- Distribuição em pelo menos 25 pontos por hectare;
- Aplicação quando detectada baixa infestação (1-3 ninfas/folha).

Essa estratégia visa incrementar a população do predador de forma preventiva, aumentando a eficácia do controle de surtos populacionais da praga. É importante ressaltar que estudos de validação de uso desse agente biológico em conjunto com outros métodos biológicos estão em andamento na cultura do eucalipto em Mato Grosso do Sul.



Os resultados após experimentos realizados por membros de nosso grupo de pesquisa comprovam a viabilidade econômica do controle biológico de *G. brimblecombei* em plantios de eucalipto, particularmente quando considerada a ação sinérgica entre diversos fatores de controle, incluindo condições climáticas favoráveis à atividade de fungos entomopatogênicos. O método biológico demonstrou superioridade tanto em produtividade quanto em retorno financeiro quando comparado ao método convencional após um ano.

### **Estratégias para eficácia do controle:**

Para otimizar os resultados, recomenda-se:

1. Realizar liberações inoculativas de crisopídeos para estabelecer populações estáveis no campo.
2. Aproveitar os fatores ambientais complementares:
3. Alta umidade relativa do ar;
4. Ação de fungos entomopatogênicos naturais.
5. Manter monitoramento constante para intervenções oportunas.

Essa abordagem integrada mostra-se mais eficiente na redução sustentável das populações do psilídeo-de-concha, proporcionando benefícios econômicos e ambientais aos sistemas de produção florestal.



## Surtos populacionais, migração e ocorrência de insetos em plantios comerciais de eucalipto no Mato Grosso do Sul

*Thyrinteina arnobia* e *I. panopla* têm se destacado como importantes lepidópteros desfolhadores na cultura do eucalipto no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Nos últimos anos, essas espécies alcançaram níveis populacionais alarmantes, com registros de danos em 181.174 hectares de eucalipto, conforme monitoramento realizado por silvicultores de 13 empresas (Wilcken *et al.*, 2021). A tendência de aumento populacional dessas pragas está associada a diversos fatores, incluindo condições climáticas particularmente favoráveis em 2021.

O estado de Mato Grosso do Sul apresentou uma expansão significativa na área cultivada com eucalipto, passando de aproximadamente 200.000 hectares em 2011 para 1.400.000 hectares em 2025. Essa rápida conversão de áreas anteriormente ocupadas por pastagens, milho e soja tem criado um cenário favorável para a migração e a adaptação de novas espécies de insetos-praga para a cultura do eucalipto.

Entre as espécies que vêm causando danos econômicos nos plantios da região mesoleste do estado, destacam-se: o complexo Spodoptera: *S. cosmioides*, *S. frugiperda* e *S. eridania* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae), a lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) e a Mosca-branca, *Bemisia* (Quaintance & Baker, 1914).



Esse cenário demanda atenção especial no desenvolvimento de estratégias de manejo integrado de pragas para a cultura do eucalipto no Mato Grosso do Sul.

## **DESEMPENHO BIOLÓGICO DE *Trichogramma pretiosum* EM OVOS DE *Spodoptera cosmioides* ALIMENTADA COM EUCAIPTO**

Em 2021, foi registrada, pela primeira vez, a ocorrência de *S. cosmioides* em plantios de eucalipto, o que motivou a avaliação do potencial de *T. pretiosum* como agente de controle biológico para essa praga. O estudo comparou o desempenho do parasitoide em ovos de *S. cosmioides* cujas lagartas foram alimentadas com dieta artificial ou folhas de eucalipto.

Principais resultados:

1. Taxa de parasitismo: Manteve-se elevada (>92%) em ambos os tratamentos, demonstrando que a alimentação prévia das lagartas (dieta artificial ou folhas) não afetou significativamente essa característica;
2. Capacidade parasitária: Em 24 horas, *T. pretiosum* parasitou  $19,18 \pm 0,20$  ovos (dieta artificial) e  $18,50 \pm 0,68$  ovos (folhas de eucalipto), valores estatisticamente semelhantes;
3. Maior porcentagem de emergência e ciclo ovo-adulto mais curto ocorreram quando as lagartas foram alimentadas com dieta artificial;
4. Maior razão sexual (acima de 0,62) foi observada no tratamento com folhas de eucalipto;



5. Número de indivíduos emergidos por ovo foi similar (1,04) em ambos os tratamentos;
6. Maior longevidade ( $10,12 \pm 0,47$  dias) ocorreu em fêmeas originárias de ovos do tratamento com dieta artificial.

Embora o eucalipto possa afetar negativamente alguns parâmetros biológicos de *T. pretiosum*, a manutenção de altas taxas de parasitismo (>92%) em ambos os tratamentos demonstra a possibilidade de seu uso como agente de controle biológico para *S. cosmoides* em plantios de eucalipto (Oliveira *et al.*, 2024). A taxa de parasitismo, considerada a principal característica avaliativa para agentes de controle biológico, não foi comprometida quando as lagartas foram alimentadas com folhas de eucalipto, indicando a viabilidade de uso desse parasitoide no manejo da praga. Por isso, trabalhos de campo vêm sendo conduzidos para se determinar o número de indivíduos e de liberações de *T. pretiosum* em função da intensidade de infestação de *S. cosmoides*.

## **DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA O MANEJO BIOLÓGICO SISTÊMICO DE INSETOS EM EUCALIPTO**

Como discutido no Capítulo 4, a adoção do manejo biológico sistêmico de insetos requer a consideração de diversos fatores ecológicos. É fundamental reconhecer que os grupos de insetos herbívoros - incluindo mastigadores (como lagartas desfolhadoras) e suga-



dores (como o psilídeo-de-concha e o percevejo-bronzeado) - apresentam ocorrência sazonal diferenciada e preferência por árvores em distintas fases de desenvolvimento. A realidade atual mostra que nem sempre dispomos de agentes de controle biológico eficientes para todas as espécies de insetos-praga, levando muitos silvicultores a recorrerem a pesticidas sintéticos como medida emergencial.

Enquanto para lagartas desfolhadoras existem opções de pesticidas relativamente seletivos, o mesmo não ocorre para a maioria dos insetos sugadores, para os quais as alternativas seletivas são extremamente limitadas. Esse cenário representa um grave problema fitossanitário, pois a aplicação de inseticidas de amplo espectro pode dizimar completamente as populações de agentes biológicos estabelecidas natural ou artificialmente no ecossistema.

### **Recomendações para minimizar impactos:**

1. Priorizar sempre o manejo biológico e outras alternativas não-químicas;
2. Quando indispensável o uso de inseticidas:
  - Optar por produtos com maior seletividade ecológica;
  - Aplicar em horários de menor atividade dos organismos benéficos;
  - Restringir as aplicações aos focos de infestação;
3. Manter monitoramento constante para intervenções precisas e oportunas.



Essa abordagem busca conciliar a necessidade de controle com a preservação dos inimigos naturais, fundamentais para um manejo sustentável a longo prazo.

O bom preparo solo, a adubação equilibrada, a atenção à incompatibilidade de produtos que muitas vezes são utilizados simultaneamente para diminuir custos, o uso de mudas sadias, o uso de espécies e/ou clones resistentes e adaptados à região, a amostragem contínua de artrópodes considerados nocivos e benéficos, a utilização de produtos fitossanitários na dose recomendada, seguindo as indicações de uso, levando em consideração as condições climáticas adequadas e a boa regulagem dos equipamentos de aplicação devem fazer parte da matriz de decisão de cada silvicultor.

A associação de macrobiológicos e de microbiológicos específicos e generalistas que também têm suas peculiaridades ao serem utilizadas de maneira conjunta constitui-se como uma alternativa dentro do manejo biológico sistêmico que precisa ser testado e validado ao considerar as demais variáveis existentes em povoamentos florestais.

O planejamento das intervenções com base no sistema de produção específico de cada silvicultor também é imprescindível. Além disso, é preciso coletar informações sobre quais espécies de artrópodes, microrganismos e plantas espontâneas, quando ocorrem com maior frequência e quando ocorrem de maneira simultânea. Ademais, deve-se determinar quais os produtos fitossanitários utilizados, bem como seus



respectivos modos de ação, com preferência para os seletivos e quais são as espécies e/ou os clones utilizados. Também é fundamental fazer a amostragem dos organismos nocivos e benéficos nos ambientes cultivados. Somado a isso, é importante fazer análise econômica dos custos com amostragens e controle atrelados aos outros fatores do custo de produção e considerar a produtividade ao longos nos anos.

Assim o manejo biológico sistêmico refere-se a uma abordagem integrada e holística de controle biológico que considera, ao longo do tempo, as interações ecológicas entre as populações naturais e aplicadas de artrópodes herbívoros, parasitoides, predadores, fungos, vírus, bactérias e nematoides entomopatogênicas. Considera-se, dessa forma, uma matriz de decisão de manejo para cada produtor, que reconhece o seu sistema de produção, as características biogeográficas e climáticas locais e regionais, com o objetivo de manter o equilíbrio populacional desses organismos e minimizar os danos às culturas florestais. Esse tipo de manejo é baseado em princípios sustentáveis, que pode reduzir a dependência de inseticidas sintéticos e promover a saúde geral dos agroecossistemas.

O uso da matriz de decisão permitirá que cada silvicultor adapte seu manejo conforme as particularidades do seu sistema de produção e dos seus objetivos. Isso leva a um uso mais eficiente dos recursos, uma maior sustentabilidade e a melhores resultados econômicos. Não há um pacote pronto e estático, mas sim princí-



pios que devem ser monitorados e ajustados constantemente de forma estratégica para região e fazenda.

Diferentes produtos fitossanitários são utilizados para combater diferentes espécies de artrópodes em plantios comerciais de eucalipto, mas, como na maioria das culturas convencionais, alguns produtos podem ser muito tóxicos aos inimigos naturais, um dos principais entraves na adoção do método de controle biológico.

Com relação aos produtos considerados seletivos, *B. thuringiensis*, azadiractina, lufenuron e teflubenzuron são inócuos a *T. diatraeae* (Pereira *et al.*, 2023). Do mesmo modo, os produtos fitossanitários óleo mineral, *Bacillus thuringiensis*, *B. thuringiensis* + óleo mineral (0,2 %), flubendiamida, novalurom, teflubenzurom, teflubenzurom + óleo mineral (0,5 %), teflubenzurom superdose, teflubenzurom superdose + óleo mineral (0,5%) não afetaram as características biológicas das fêmeas adultas de *T. howardi*, bem como as características biológicas da geração posterior, sendo esses considerados seletivos ao parasitoide em condições de semicampo (Barbosa, 2022). Os inseticidas lufenuron (15g i.a. ha-1), *B. thuringiensis* (16g i.a. ha-1) e flubendiamida (22,50g i.a. ha-1) apresentaram inócuos a fêmeas adultas de *T. howardi* (Guerra, 2020). Clorantraniliprole é compatível com *T. howardi* (Bermúdez *et al.*, 2023).

Dipel WP (*Bacillus thuringiensis*) + Assist, Nomolt 150 (Teflubenzuron) e Óleo de Neem (azadiractina) também são seletivos a *P. elaeisis*, podendo ser empregados quando necessários no manejo biológico



sistêmico. *Bacillus thuringiensis*, lufenuron e triflumuron também podem ser utilizados em programas de manejo, pois apresentam efeito negativo moderado sobre *T. pretiosum* (Vianna *et al.*, 2009).

A preservação de parasitoides e predadores de ocorrência natural, bem como daqueles liberados de maneira aplicada, é essencial para alcançar e manter a população de insetos abaixo do nível de controle. Assim, o uso estratégico de agentes biológicos numa área de refúgio dentro do talhão é essencial para a construção de sua população de maneira resiliente. Nessa área, sugere-se, também, que deve ser instalada a Estação Natural de Reprodução de Organismos Benéficos (BORNES) descrita no capítulo 08, como abrigo, local de reprodução e de novas liberações inoculativas e inundativas.

Outra sugestão é que produtos fitossantártios sintéticos, especialmente de amplo espectro, não devem ser utilizados nas áreas de refúgio, especialmente nas proximidades das BORNES. Desse modo, no manejo biológico sistêmico de insetos em plantios comerciais de eucalipto, é fundamental associar o controle biológico conservativo e aumentativo e utilizar estratégias de liberação e reprodução de agentes de biocontrole, que considere as condições particulares de cada silvicultor, para que os custos e os impactos ambientais negativos sejam reduzidos.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. P. **Aspectos biológicos e etológicos de *Chrysoperla externa*** Hagen, 1861 (Neuroptera: Chrysopidae). Campina Grande: Embrapa Algodão, 2020. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- ÁLVAREZ, J. F.; NARANJO, F.; GRILLO, H. Estudios sobre la bioecología, hábitos y comportamiento de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fab.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba. (Primera parte). **Centro Agrícola**, v. 30, p. 63-67, 2007.
- BARBOSA, M. S. **Seletividade de inseticidas a *Tetrastichus howardi*** (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) e seu desenvolvimento em pupas de *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae). 2022. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.
- BERMÚDEZ, N. C.; NASCIMENTO, D. V.; MORATO, R. P.; SILVA-TORRES, C. S. A.; TORRES, J. B. Biological and behavioural responses of the sugarcane borer parasitoid *Tetrastichus howardi* to insecticides. **Journal of Applied Entomology**, v. 147, p. 728-741, 2023.
- BESERRA, E. B.; DIAS, C. T. S.; PARRA, J. R. P. Biological characteristics of *Trichogramma pretiosum* strains developed on eggs of *Spodoptera frugiperda*. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 25, p. 479-483, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.2060>. Acesso em: [data de acesso].
- BITTENCOURT, M. A. L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeensis* por pupas de diferentes lepidópteras pragas.



**Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1281-1283, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161999000500033>. Acesso em: [data de acesso].

BRENNAN, E.B.; HRUSA, G.F.; WEINBAUM, S.A.; LEVISON, W.J. Resistance of *Eucalyptus* species to *Glycaspis brimblecombei* (Homoptera: Psyllidae) in the San Francisco Bay area. **Pan-Pacific Entomologist**, v. 77, n. 4, p. 249-253, 2001.

COSTA, A. P. **Desempenho biológico de Chrysoperla externa e Ceraeochrysa sp. (Neuroptera: Chrysopidae) criados com Glycaspis brimblecombei (Hemiptera: Aphalaridae) em eucalipto.** 2025. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2025.

CRUZ, I.; REDOAN, A. C.; SILVA, R. B. D.; FIGUEIREDO, M. D. L. C.; PENTEADO-DIAS, A. M. New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 252-254, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000200017>. Acesso em: [data de acesso].

CUELLO, E. M.; ANDORNO, A. V.; HERNÁNDEZ, C. M.; LÓPEZ, S. N. Prey consumption and development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic *Eucalyptus* pests. **Biocontrol Science and Technology**, v. 29, n. 12, p. 1159-1171, 2019. DOI: 10.1080/09583157.2019.1660958.

DELVARE, G.; LASALLE, J. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, n. 2, p. 435-444, 1993.



Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00222939300770201>. Acesso em: [data de acesso].

FELIX, J.; GONZÁLEZ, A.; OCA, F. N. M.; RAVELO, H. G.; BAITHA, A. Interaction of *Lixophaga diatraeae* (Towns.) and *Tetrastichus howardi* (Olliff.) for management of *Diatraea saccharallis* (Fab.) in Cuba. **Sugar Tech**, v. 7, n. 2-3, p. 5-8, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02942520>. Acesso em: [data de acesso].

FERNANDES, W. C. **Desempenho biológico de Tetrastichus howardi** (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas, pupas e pré-pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae) em condições de laboratório e semi-campo. 2018. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/498/1/WinnieCezarioFernandes.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Biologia e exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ovos de Alabama ar- gillacea (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 319-326, 2000.

FILHO, P. J. F.; WILCKEN, C. F.; SA, L. A. N.; CARMO, J. B.; SOLIMAN, E. P.; RODRIGUES, C. J.; ZANUNCIO, J. C. Biological control of *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Aphalaridae) in eucalyptus plantations. **Phytoparasitica**, v. 43, p. 151-157, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12600-014-0430-5>. Acesso em: [data de acesso].



FIRMINO-WINCKLER, D. C.; WILCKEN, C. F.; OLIVEIRA, N. C.; MATOS, C. A. O. Red gum lerp psyllid *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera, Psylidae) biology in Eucalyptus spp.

**Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 1, p. 144-146, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000100030>. Acesso em: [data de acesso].

GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. P. Dispersal of *Trichogramma galloii* in corn for the control of *Diatraea saccharalis*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 24, p. 751-762, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2014.891723>.

GIL-SANTANA, H. R.; TAVARES, M. T. *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae): a new parasitoid of *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera, Nymphalidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 891-892, 2006a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000300040>.

GIL-SANTANA, H. R.; TAVARES, M. T. Chalcidoid parasitoids (Hymenoptera) of *Actinote parapheles* Jordan, 1913 (Lepidoptera: Nymphalidae). **Biota Neotropica**, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2006b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032006000100016>.

GONZÁLEZ, J. F. A.; OCA, F. N. M.; RAVELO, H. G. Estudios bioecológicos de *Tetrastichus howardi* Olliff. (Hymenoptera: Eulophidae), parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba. (Primera parte). **Centro Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 37-41, 2003.

GUERRA, M. S. **Seletividade de inseticidas a Tetrastichus howardi (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas de Anticarsia gemmatalis (Lepidoptera: Erebidae)**. 2020. Disser-



tação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020. Orientador: Fabricio Fagundes Pereira.

KENIS, M. et al. **Guide to the classical biological control of insect pests in planted and natural forests**. Roma: FAO, 2019. 113 p.

KFIR, R.; GOUWS, J.; MOORE, S. Biology of *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae): a facultative hyperparasitoid of stem borers. **Biocontrol Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 149-159, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583159309355271>.

LA SALLE, J. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Natural History**, v. 28, n. 1, p. 109-236, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222939400770091>.

LA SALLE, J.; POLASZEK, A. Afrotropical species of the *Tetrastichus howardi* species group (Hymenoptera: Eulophidae). **African Entomology**, v. 15, n. 1, p. 45-56, 2007. DOI: <https://doi.org/10.4001/1021-3589-15.1.45>.

LEMES, P. G.; ZANUNCIO, J. C. **Novo manual de pragas florais brasileiras**. Montes Claros: [s.n.], 2021. 996 p.

LUCCHETTA, J. T. **Parasitismo natural, produção e liberação de parasitoides para o controle de Lepidópteros desfolhadores de eucalipto**. 2022. 187 f. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.



LUCCHETTA, J. T. et al. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in eucalyptus (Myrtaceae). **The Canadian Entomologist**, v. 154, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>.

NUNES, G. D. S. et al. Biological aspects and predation behavior of *Ceraeochrysa cubana* against *Spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 20-25, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5411>.

OLIVEIRA, H. N. et al. *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species as an agentes of biological control of *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 37, p. 238-239, 2011. DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v37i2.9081>.

OLIVEIRA, M. A. S. et al. **Incidência de danos da broca do fruto da graviola no Distrito Federal**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 5 p. (Comunicado Técnico, 51). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566099/1/comtec51.pdf>. Acesso em: 8 set. 2019.

OLIVEIRA, N. B. F. et al. Desempenho biológico de *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera cosmioides* (Lep.: Noctuidae) criada com eucalipto. In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10.; ENCONTRO DE PESQUISA E EXTENSÃO - UEMS, 14.; ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - UFGD, 18., 2024, Dourados. **Anais** [...]. Dourados: UEMS; UFGD, 2024.



PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Chrysopid predators and their role in biological control. **Journal of Entomology**, v. 8, n. 3, p. 301-326, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3923/je.2011.301.326>.

PARON, M. R.; BERTI-FILHO, E. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 355-358, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000200025>.

PEREIRA, F. F.; BARROS, R.; PRATISSOLI, D. Performance of *Trichogramma pretiosum* Riley and *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submitted to the eggs different densities of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Ciência Rural**, v. 34, p. 1669-1674, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600001>.

PEREIRA, F. F. Controle biológico de lagartas desfolhadoras. **Opiniões**, v. 20, p. 68-69, 2023. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/20-controle-biologico-de-lagartas-desfolhadoras/>. Acesso em: [data de acesso].

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, T. V.; ZANUNCIO, J. C.; PRATISSOLI, D.; TAVARES, M. T. Species of Lepidoptera defoliators of eucalypt as new hosts for the polyphagous parasitoid *Palmistichus elaeensis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 2, p. 259-262, 2008a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132008000200004>.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; TAVARES, M. T.; PASTORI, P. L.; JACQUES, G. C. New record of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as a parasitoid of the eucalypt



defoliator *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) in Brazil. **Phytoparasitica**, v. 36, p. 304-306, 2008b. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02980777>.

PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; CALADO, V. R. F.; VARGAS, E. L.; OLIVEIRA, H. N.; ZANUNCIO, J. C. Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. **The Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 377-380, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.098.0164>.

PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L.; KASSAB, S. O.; TORRES, J. B.; CARDOSO, C. R. G.; FERNANDES, W. C.; OLIVEIRA, H. N.; ZANUNCIO, J. C. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (org.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 317-361.

PEREIRA, H. C.; PEREIRA, F. F.; INSABRALD, V. B.; RODRIGUES, A.; LUCCHETTA, J. T.; SILVA, F. W. S.; FERNANDES, W. C.; CARNEIRO, Z.; PÉRIGO, P. H. B.; ZANUNCIO, J. C. Selectivity of insecticides to a pupal parasitoid, *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae), of soybean caterpillars. **Insects**, v. 14, p. 217, 2023.

POLANCZYK, R. A.; ALVES, S. B. *Bacillus thuringiensis*: uma breve revisão. **Agrociência**, Montecillo, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2003.

PRATISSOLI, D.; THULER, R. T.; ANDRADE, G. S.; ZANOTTI, L. C. M.; SILVA, A. F. D. Estimativa de *Trichogramma pretiosum* para controle de *Tuta absoluta* em tomateiro estaqueado.



**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 715-718, 2005.  
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000700013>.

SANTANA, D.D.Q.; JUNIOR, A.M.; DA SILVA, H.D.; BELLOTE, A.F.J.; FAVARO, R.M. **O psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em eucalipto.** Comunicado Técnico 105, Embrapa, 2003.

SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, J. C.; ZANUNCIO, T. V.; PIRES, E. M.; FERREIRA, A. M. Pragas do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, p. 43-64, 2008.

SANTOS, F. H. M.; PEREIRA, F. F.; CARDOSO, C. R. G.; WILCKEN, C. F.; SILVA, N. N. P.; ALENCAR, M. X. Primeiro registro de *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Iridopsis panopla* (Lep.: Geometridae) em eucalipto. In: ENCONTRO DE ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2., 2021, Dourados. **Anais** [...]. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

SANTOS, F. H. M.; PEREIRA, F. F.; CARDOSO, C. R. G.; LUCCHETTA, J. T.; SANTOS, J. P.; RODRIGUES, G. B.; DIAS, L. S.; SILVA, N. N. P.; WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A. First record of *Trichogramma pretiosum* parasitizing eggs of *Iridopsis panopla* in eucalyptus in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 107, n. 1, p. 20240042, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1515/faent-2024-0042>.

SCUDELER, E. L.; DAQUILA, B. V.; SANTOS, D. C.; CONTE, H. Crisopídeos: interface entre biologia e ambiente agrícola. In: OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, N.; OLIVEIRA, B.; BARÃO, F. R. (org.). **Coletânea nacional sobre entomologia 3.** Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 86-104. DOI: 10.22533/at.ed.3992001108.



SILVA-TORRES, C. S. A.; PONTES, I. V. A. F.; TORRES, J. B.; BARROS, R. New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 5, p. 835-838, 2010.

SOARES, J.J., DE ALMEIDA, R.P., DA COSTA, R.I.F., AND BARRETO, R.S. Efficiency of increasing rates of lufenuron on cotton plants and *Alabama argillacea*. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 4, p.55-59, 2000.

SOUZA, R. **Mato Grosso do Sul deve receber mais de R\$ 34 bilhões em investimentos sobre fábricas de celulose pelos próximos anos**. 2022. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/mato-grosso-do-sul-deve-receber-mais-de-r-34-bilhoes-em-investimentos-sobre-fabricas-de-celulose-pelos-proximos-anos/>. Acesso em: 5 ago. 2023.

TULLER, J.; OLIVEIRA, K. N.; SILVA, J. O.; FARIA, M. L. de; ESPIRITO SANTO, M. M. do; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) attack patterns on different Eucalyptus genotypes. **PeerJ**, v. 5, e3864, 2017. DOI: 10.7717/peerj.3864.

VARGAS, E. L.; PEREIRA, F. F.; TAVARES, M. T.; PASTORI, P. L. Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil. **Entomotropica**, v. 26, n. 3, p. 143-146, 2011.

VIANNA, U. R.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; LIMA, E. R.; BRUNNER, J.; PEREIRA, F. F.; SERRÃO, J. E. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology**, v. 18, p. 180-186, 2009.



WILCKEN, C. F.; FIRMINO-WINCKLER, D. C.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; DIAS, T. K. R.; LIMA, A. C. V.; SÁ, L. A. N.; FERREIRA FILHO, P. J. Psilídeo-de-concha do eucalipto, *Glycaspis brimblecombei* Moore. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros.** Piracicaba: Fealq, 2015. p. 866-880.

WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A. E.; PEREIRA, F. F. **Lagartas mediadeira do eucalipto *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae):** surtos em florestas de eucalipto no MS.

Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2021. 11 p. (Programa de proteção florestal – PROTEF/IPEF – Alerta Protef).

ZACHÉ, B.; WILCKEN, C. F.; COSTA, R. R.; SOLIMAN, E. P. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), a new parasitoid of *Melanolophia consimilaria* (Lepidoptera: Geometridae). **Phytoparasitica**, v. 38, n. 4, p. 355-357, 2010a. DOI: 10.1007/s12600-010-0108-6.

ZACHÉ, B.; WILCKEN, C. F.; ZACHÉ, R. R. C.; SOLIMAN, E. P.; SAN ROMAN, M. L. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), un nuevo parásitoide de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae). **Idesia**, v. 28, n. 3, p. 111-114, 2010b. DOI: 10.4067/S0718-34292010000300014.

ZACHÉ, B.; ZACHÉ, R. R. C.; SOLIMAN, E. P.; WILCKEN, C. F. Evaluation of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as parasitoid of the eucalyptus defoliator *Euselasia eucerus* (Lepidoptera: Riodinidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 31, n. 1-2, p. 118-121, 2011a. DOI: 10.1017/S1742758411000117.



ZACHÉ, B.; ZACHÉ, R. R. C.; SOUZA, N. M.; DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F. New Record of *Trichospilus diatraeae* Margabandhu & Cherian, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Sarina violascens* (Herrich-Schaeffer, 1856) (Lepidoptera: Lymantriidae) in Brazil. **Journal of Plant Protection Research**, v. 51, n. 4, p. 420-422, 2011b. DOI: 10.2478/v10045-011-0069-x.



# CAPÍTULO 13

GRUPO DE  
TRABALHO -  
FITOSSANIDADE  
FLORESTAL DA  
REFLORE/MS



GRUPO DE TRABALHO  
**FITOSSANIDADE  
FLORESTAL**  
REFLORE-MS

**Figura 01.** Grupo de trabalho Fitossanidade Florestal- REFLORE-MS.

A Reflore/MS é a Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas reúne importantes empresas da cadeia produtiva da floresta com sede ou filial em Mato Grosso do Sul. Sua missão é congregar, representar, promover e defender os interesses coletivos das Empresas Associadas que se dedicam ao Desenvolvimento Sustentável com base em Florestas Plantadas.

O Grupo de Trabalho - Fitossanidade Florestal da Reflore/MS (Figura 01) tem por objetivo reunir seus associados e profissionais especializados para discutir o cenário atual, as estratégias e as táticas de manejo integrado de pragas e doenças a serem adotadas de maneira conjunta em florestas plantadas de eucalipto, em especial do Mato Grosso do Sul. O Grupo é liderado pelo Diretor Executivo da REFLORE-MS, atualmente o Sr. Benedito Mário Lázaro, Vanessa, a Coordenadora do Grupo de Fitossanidade, e um Representante Técnico dos Silvicultores, atualmente Diego Nascimento. Docentes, pesquisadores de universidades, entre



elas a UFGD, a UNESP, a UFMS, a UEMS e instituições de pesquisa, como a EMBRAPA, além de técnicos de cada empresa associada a REFLORE-MS também compõem esse seleto grupo.

As reuniões e os dias de campo ocorrem mensalmente, de maneira presencial, remota ou híbrida, e o reporte dos dados de pragas e doenças fornecidos pelos silvicultores do mês anterior é apresentado, bem como os métodos de monitoramento e controle utilizados. Novos produtos e formas de manejo, além de previsões climáticas e ocorrências de novas espécies de pragas e patógenos são discutidas. Com base nos cenários analisados, ao final de cada ano, é elaborado um planejamento estratégico com as ações a serem implementadas, incluindo oficinas, treinamentos e eventos técnicos e científicos, com o objetivo de mitigar os problemas causados por pragas e doenças de maneira sustentável em plantios comerciais, principalmente de eucalipto no Mato Grosso do Sul.

Considerando as discussões sobre o tema Sanidade Florestal ocorridas na Câmara Setorial Consultiva do Programa de Desenvolvimento Florestal nos últimos anos, demandadas por representantes do setor florestal e, tendo sua viabilidade discutida com a colaboração de profissionais de instituições públicas e privadas do Estado, foi proposto o Programa Estadual de Sanidade Florestal no Mato Grosso do Sul <https://www.semadesc.ms.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-SANIDADE-FORESTAL.pdf>.



<https://www.semaDESC.ms.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-SANIDADE-FLORESTAL.pdf>

#### MULTIDISCIPLINAR E INTERINSTITUCIONAL

**SEMADESC**  
Secretaria do Estado  
de Meio Ambiente,  
Desenvolvimento Sustentável,  
Ciência,  
Tecnologia e Inovação



**PROFLORESTA**  
PLANO ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
DE FLORESTAS PLANTADAS DE MATO GROSSO DO SUL



**UFGD** Universidade  
Federal  
da Grande  
Dourados

**Figura 02.** Programa Estadual de Sanidade Florestal e sua composição institucional.

De acordo com esse programa, os objetivos, as ações de curto, médio e longo prazo, bem como o papel de cada instituição envolvida, foram propostos com foco na solução das demandas fitossanitárias enfrentadas pelo setor florestal para orientar a formulação de estratégias. Trata-se de um Programa elaborado por uma equipe multidisciplinar e interinstitucional de técnicos e pesquisadores, com diferentes atuações no setor florestal, o que reflete o caráter integrado e interdisciplinar do Programa.

Esse programa tem como objetivo promover medidas de controle fitossanitário junto ao setor produtivo, visando ao fortalecimento do sistema de produção florestal no Estado e a reunião de ações estratégicas de defesa sanitária vegetal, com suporte da pesquisa agrícola e da assistência técnica na prevenção e no



controle de pragas, doenças e plantas daninhas de interesse econômico.

## **PROGRAMA ESTADUAL DE SANIDADE FLORESTAL:**

Fruto das discussões na Câmara Setorial Consultiva do Programa de Desenvolvimento Florestal, esse programa (disponível em: [<https://www.semadesc.ms.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-SANIDADE-FLORESTAL.pdf>]) (Figura 02) foi elaborado por equipe multidisciplinar com os seguintes objetivos estratégicos:

### **1. Gestão fitossanitária:**

- Implementar boas práticas no controle de pragas, doenças e plantas daninhas;
- Estabelecer protocolos para contenção de surtos;
- Criar rede integrada de informações fitossanitárias;
- Desenvolver sistema de alerta precoce.

### **2. Inovação e pesquisa:**

- Fomentar estudos sobre resistência genética de clones;
- Priorizar pesquisa e registro de produtos biológicos seletivos;
- Promover parcerias público-privadas para desenvolvimento tecnológico.

### **3. Ações operacionais:**

- Controlar focos iniciais (<100 há) para evitar disseminação;



- Capacitar técnicos e produtores em manejo sustentável;
- Integrar ações de defesa sanitária vegetal.

Esse programa representa um marco na abordagem integrada e interdisciplinar para a sanidade florestal, alinhando pesquisa, políticas públicas e práticas de campo para o desenvolvimento sustentável do setor.

## AÇÕES ESTRATÉGICAS

O Programa propõe ações a serem implementadas em curto prazo (até 2 anos), médio prazo (até 5 anos) e longo prazo (até 10 anos), conforme detalhado abaixo:

### *Curto prazo (até 2 anos)*

1. Implementar mecanismos de ação emergencial para surtos de novas pragas, doenças ou plantas daninhas:
  - 1.1. Recomendar medidas de controle de contenção;
  - 1.2. Autorizar o controle cultural por meio de queima controlada;
  - 1.3. Priorizar o cadastramento estadual de novos produtos para controle;
  - 1.4. Intensificar a fiscalização fitossanitária na entrada de mudas provenientes de outros estados;
2. Mapear tecnologias disponíveis no Mato Grosso do Sul e em outros estados para o manejo das principais pragas, doenças e plantas daninhas que afetam o setor florestal;



3. Fomentar a criação de fábricas de bioinsumos, alinhadas às demandas do setor florestal de MS;
4. Estabelecer parcerias com o SENAR para capacitar produtores rurais na implementação de programas piloto de manejo fitossanitário florestal;
5. Desenvolver políticas públicas de capacitação técnica contínua para profissionais dos setores público e privado;
6. Fortalecer parcerias com instituições públicas e privadas de pesquisa e ensino para:
  - Promover programas de formação de recursos humanos;
  - Desenvolver projetos de pesquisa de interesse do setor florestal;
7. Implementar ações para mitigar riscos associados à exploração apícola;
8. Criar um fórum permanente para discussão e proposição de demandas ao MAPA, como:
  - Reavaliação ambiental de agrotóxicos (em diálogo com o IBAMA);
  - Priorização de registros de produtos fitosanitários;
9. Viabilizar a autorização de queima controlada fora do período mais seco do ano, em áreas com depósitos de resíduos madeireiros que servem como criadouros de pragas.

### **Médio prazo (até 5 anos)**

1. Promover o Manejo Integrado de Pragas (MIP) em florestas plantadas, envolvendo sociedade e instituições públicas/privadas.



2. Desenvolver métricas para avaliação da eficácia das ações do Programa.
3. Estruturar um banco de dados integrado com a REFLORE-MS para monitoramento de pragas, doenças e plantas daninhas (sistema de alerta fitossanitário).
4. Fomentar políticas públicas que incentivem boas práticas no manejo fitossanitário.
5. Promover tecnologias alternativas sustentáveis, comprovadamente eficazes.
6. Capacitar produtores independentes por meio de:
  - 6.1. Cadastro de áreas de cultivo;
  - 6.2. Adoção de controle de pragas de importância econômica;
  - 6.3. Padronização mínima de vigilância e monitoramento;
- \*Avaliar a viabilidade de uso eventual de bioinsumos em aplicações aéreas próximas a mananciais (conforme IN 02/2008).

### **Longo prazo (até 10 anos)**

1. Elaborar mapas de risco para o Programa Estadual de Sanidade Florestal;
2. Consolidar grupos de pesquisa vinculados ao Programa;
3. Estimular linhas de pesquisa em bioinsumos em universidades e instituições locais;
4. Estabelecer cooperações nacionais/internacionais para avanço em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos/processos fitossanitários;



5. Implementar políticas públicas que incentivem boas práticas agrícolas em cultivos florestais, incluindo agenda de eventos setoriais;
6. Regulamentar mecanismos para captação de recursos públicos e privados destinados a pesquisas e ações prioritárias do Programa.

## Política pública para o manejo de pragas florestais em um mosaico de propriedades

De acordo com Tilman *et al.* (2025), o manejo de pragas florestais é um desafio crítico em paisagens com propriedades mistas (terrás federais, estaduais, privadas, indígenas e municipais). Os autores mencionam que uma política eficaz deve equilibrar:

- Saúde ecológica;
- Impactos econômicos;
- Interesses das partes interessadas;
- Contenção da propagação de pragas entre fronteiras.

Abaixo estão os principais componentes de uma estrutura de política pública abrangente:

1. Monitoramento Coordenado e Detecção Precoce
- Redes de Vigilância Multinstitucional: Estabelecer programas colaborativos (ex.: IPEF, IAGRO, universidades) para rastrear surtos de pragas usando:
  - » Sensoriamento remoto;
  - » Armadilhas;
  - » Ciência cidadã.



- Protocolos de Notificação: Obrigatoriedade de notificação de pragas de alto risco em todas as jurisdições para permitir resposta rápida.
2. Estratégias de Gerenciamento entre Fronteiras
- Acordos Cooperativos: Incentivar parcerias interagências e público-privadas (ex.: Programas Cooperativos de Pragas Florestais) para alinhar esforços de controle.
  - Zonas de Amortecimento: Implementar áreas de contenção (ex.: quarentenas, desbaste preventivo) próximas a fronteiras de propriedades.
  - Incentivos para Proprietários Privados: Oferecer:
    - » Programas de compartilhamento de custos;
    - » Benefícios fiscais;
    - » Assistência técnica para mitigação.
3. Medidas Regulatórias e de Quarentena
- Padrões Uniformes: Harmonizar regulamentações estaduais/federais sobre:
    - » Transporte de lenha;
    - » Inspeções em viveiros;
    - » Movimentação de madeira.
  - Fiscalização: Reforçar penalidades por descumprimento de regras de quarentena para evitar disseminação humana de pragas.
4. Pesquisa e Gestão Adaptativa
- Financiamento para Controle Biológico: Apoiar pesquisas em:
    - » Predadores naturais;
    - » Espécies arbóreas resistentes;



- » Agentes de biocontrole (ex.: parasitoides contra lagartas desfolhadoras).
  - Resiliência Climática: Incorporar riscos de pragas aos planos de manejo florestal, considerando mudanças climáticas.
5. Educação Pública e Engajamento de Partes Interessadas
- Campanhas de Conscientização: Capacitar proprietários rurais na identificação e notificação de pragas;
  - Colaboração com Comunidades Tradicionais: Incluir conhecimentos indígenas e organizações locais na tomada de decisões.
6. Mecanismos de Financiamento
- Subsídios Federais: Expandir programas de manejo integrado e controle biológico para apoiar ações estaduais/municipais;
  - Seguros Agrícolas: Desenvolver políticas para compensar perdas causadas por pragas.

## Desafios da Política

- Regulação Desigual: Nem todas as pragas são fiscalizadas com a mesma rigidez (ex.: lentidão na listagem de novas ameaças).

Assim, os autores concluem que uma política eficaz requer:

1. Integração entre ciência, governança e cooperação das partes interessadas.
2. Flexibilidade e gestão adaptativa para responder a ameaças emergentes.



Dessa forma, esse modelo de política pública poderá complementar futuramente as diretrizes do Programa Estadual de Sanidade Florestal de Mato Grosso do Sul. É importante ressaltar que o Grupo de Fitosanidade Florestal da Reflore-MS tem balizado suas ações nesse Programa, o que tem contribuído substancialmente para a redução sustentável das perdas econômicas causadas por pragas e doenças no setor florestal Sul-Mato-Grossense.

## REFERÊNCIAS

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação. **Programa Estadual de Sanidade Florestal**. Campo Grande: SEMADESC, 2023. Disponível em: <https://www.semadesco.ms.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-SANIDADE-FORESTAL.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2025.

TILMAN, A. R.; HAIGHT, R. G. Public policy for management of forest pests within an ownership mosaic. **Ecological Economics**, v. 234, p. 108602, 2025. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2025.108602.



# CAPÍTULO 14

AVANÇO DO  
CONTROLE  
BIOLÓGICO NO  
MATO GROSSO  
DO SUL, BRASIL



A manutenção do equilíbrio da densidade populacional de plantas e animais por seus inimigos naturais é denominada controle biológico (Parra *et al.*, 2021). Os principais agentes de controle biológico incluem entomopatógenos (como vírus, bactérias, fungos, nematoides e protozoários), predadores (joaninhas, percevejos, crisopídeos, carabídeos e tesourinhas) e parasitoides (pequenas vespas ou moscas que parasitam ovos, larvas, pupas e adultos de outros insetos). Esses organismos podem ser conservados em agroecossistemas por meio do aumento de áreas de refúgio para reprodução e alimentação, ou multiplicados em laboratório e liberados de forma inoculativa ou inundativa para reduzir populações de insetos ou ácaros-praga - estratégias que caracterizam o controle biológico clássico e aplicado. Pesquisas nacionais e internacionais já comprovaram os benefícios dessa tática no manejo de artrópodes-praga. No entanto, embora seu uso pelos agricultores venha avançando, sua adoção ainda não é tão ampla quando comparada ao controle químico convencional (Parra, 2014).

A baixa adoção do controle biológico por produtores rurais decorre de múltiplos fatores, incluindo: a especificidade dos agentes biológicos, o desconhecimento das técnicas de produção e liberação de inimigos naturais, a limitada disponibilidade desses produtos no comércio local, as dificuldades logísticas de transporte e armazenamento, a preferência tradicional pelo controle químico (considerado mais confiável), a carência de estudos sobre pragas e seus antagonistas naturais,



a descontinuidade de programas de controle biológico e projetos mal estruturados (Parra *et al.*, 2021).

Diante desse cenário, propõe-se uma reestruturação na hierarquização das etapas de desenvolvimento dos programas de controle biológico (Figura 1), iniciando pelas prioridades fundamentais: “Seleção da cultura, do inseto-praga e do agente de controle biológico” e “Produção em pequena escala para pesquisas básicas” - etapas interdependentes e essenciais. Somente após o avanço nessas fases, é possível implementar “Biofábricas especializadas”, projetadas conforme o sistema de produção previamente estudado, permitindo então a “Implantação do sistema piloto de criação/multiplicação do agente biológico”. Essa abordagem sistemática visa viabilizar a popularização desse método eficiente e economicamente sustentável no manejo de insetos-praga.

Os resultados alcançados até o momento decorrem principalmente de pesquisas científicas, porém, para consolidar essa prioridade, torna-se imprescindível a etapa de “Transferência de Tecnologia” para a sociedade por meio da extensão rural. Esse estágio representa uma mudança significativa no processo, pois exige a incorporação de novos atores, especificamente a assistência técnica especializada. As empresas de consultoria agrícola devem compreender integralmente o trabalho prévio desenvolvido, reformulando o conhecimento científico em metodologias adaptadas às reais necessidades dos produtores, o que culminará na efetiva adoção (“Uso”) do controle biológico. A reestruturação proposta para os programas de controle



biológico, quando alinhada à “Atmosfera Ecológica” - conceito que engloba a preservação ambiental - não só mantém a biodiversidade como também amplia as possibilidades de identificação de novos agentes de controle natural, fundamentais para o desenvolvimento de futuros programas. Desse modo, todas as prioridades estabelecidas devem estar contextualizadas nessa “Atmosfera Ecológica”, criando um ambiente propício para acelerar descobertas científicas, desenvolver soluções inovadoras e promover tecnologias verdadeiramente sustentáveis no manejo de pragas.

O “Mercado”, a “Assistência Técnica (administração)” e a “Fiscalização” constituem agentes externos que, embora alheios às prioridades iniciais, exercem influência direta sobre o desenvolvimento dos programas de controle biológico. O “Mercado” atua como regulador do processo evolutivo, gerando demanda por produtos eficientes adaptados às diferentes culturas agrícolas. A “Assistência Técnica” assume papel fundamental na ordenação da evolução tecnológica, representando o fator intraempresarial mais decisivo para o sucesso na implantação e no desenvolvimento desses programas, cabendo ao administrador - quando não atuar diretamente como agente de assistência - assegurar a orientação adequada dessa equipe, mantendo registros precisos das atividades em laboratório e campo, além de comunicar à pesquisa os dados sobre eficácia e aplicação prática, permitindo respostas ágeis e eficientes aos desafios metodológicos inerentes à técnica (Figura 01).

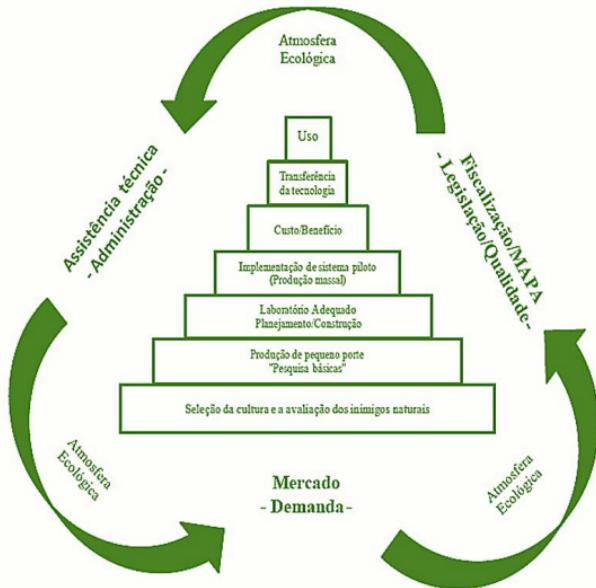


Figura 1. Proposta de desenvolvimento de programas de controle biológico no Brasil. Adaptado de Parra (2006)

É essencial que a “Assistência Técnica” compreenda a natureza antagônica do controle biológico em relação aos manejos convencionais, exigindo adaptações para sua plena incorporação às rotinas agrícolas. Paralelamente, todo o processo de desenvolvimento e aplicação dos programas deve observar rigorosamente a legislação vigente, sob fiscalização dos órgãos governamentais competentes, conferindo legitimidade e respaldo institucional às iniciativas.

O desenvolvimento e aplicação de programas de controle biológico requerem o cumprimento rigoroso de suas etapas e a observância dos princípios de conservação da biodiversidade, sendo fundamental



a assistência técnica especializada ao produtor rural, que deve acompanhar todo o processo - desde a implantação até a avaliação dos resultados - para garantir maior confiabilidade a essa biotecnologia, reconhecida como ferramenta indispensável para a produção sustentável de alimentos em um ambiente ecologicamente equilibrado.

Este texto, elaborado em 2011 a partir de discussões com estudantes da disciplina de Controle Biológico e Manejo Integrado de Pragas da Universidade Federal da Grande Dourados e com os colegas Fernando Dutra, Fabricio Fagundes Pereira, Patrik Luiz Pastori, Samir Oliveira Kassab e Paulo Rogério Beltramini da Fonseca, reflete a importância da abordagem multidisciplinar e do trabalho colaborativo no avanço dessa área de conhecimento.

Após 14 anos, podemos afirmar que o cenário do controle biológico precisa melhorar, mas tivemos muitos avanços no Brasil e, em especial, no estado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 02.** Eventos e políticas públicas relacionados ao avanço do controle biológico no Mato Grosso do Sul, Brasil.



Em 2013, a cidade de Bonito, no Mato Grosso do Sul, sediou seu primeiro grande evento nacional e internacional na área de Entomologia e Controle Biológico - o Simpósio de Controle Biológico -, oportunidade em que nossa equipe, liderada por Harley Nonato de Oliveira (presidente), Fabricio Fagundes Pereira (vice-presidente) e Crêbio José Ávila (responsável pela captação de recursos), pôde demonstrar ao plenário da Sociedade Entomológica do Brasil (SEB) e aos participantes internacionais todo o potencial científico e tecnológico do estado nesse promissor campo de estudo.

Em 2016, em parceria com o Prof. Ruy de Araújo Caldas (Professor Visitante da UFMS) e o Dr. Harley Nonato de Oliveira (Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste), colaboramos na organização do I Workshop de Controle Biológico de MS, onde realizamos um levantamento abrangente para identificar tanto as instituições que atuavam com agentes de controle biológico quanto os profissionais qualificados para trabalhar nessa área no estado. Com o apoio de entidades como a SEPAF (atual SEMADESC), que representam as cadeias produtivas do Mato Grosso do Sul, promovemos uma reunião estratégica para discutir demandas tecnológicas e elaborar um Plano Estadual de Controle Biológico, contando com a participação de especialistas reconhecidos nacionalmente e representantes dos diversos setores produtivos, que apresentaram, debateram e propuseram soluções para mapear os principais problemas fitossanitários do agronegócio estadual e identificar as tecnologias



de controle biológico disponíveis. Como resultado do evento, foram estabelecidos dois comitês (executivo e consultivo) que se reuniram em 6 de outubro e 11 de novembro de 2016 para consolidar a proposta final do Plano Estadual de Controle Biológico a ser submetida ao Governo do Estado.

Em agosto de 2018, formalizamos com a REFLORE-MS (Associação de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas de Mato Grosso do Sul) o Projeto de Pesquisa para Produção e liberação inoculativa dos eulofídeos *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) visando ao controle biológico do desfolhador *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) em eucaliptais, cujos objetivos incluíram: a produção laboratorial e a liberação controlada desses parasitoides; a avaliação de seu estabelecimento e a eficácia no controle da praga; a determinação de parâmetros populacionais para caracterização de surtos; o estudo das características biológicas de *T. howardi* em hospedeiros; a prospecção de novos inimigos naturais; e a análise dos custos de produção e aplicação. Os resultados obtidos forneceram subsídios técnicos para comprovar a eficácia desses agentes no manejo preventivo de *T. arnobia*, contribuindo para a consolidação dessa alternativa sustentável no controle de pragas florestais.

Em 4 de dezembro de 2018, em parceria com o Dr. Harley Nonato de Oliveira da Embrapa Agropecuária Oeste, realizamos o Fórum Douradense de Manejo Integrado de Pragas: gargalos e ações para seu incremento,



que contribuiu significativamente para a divulgação e o fortalecimento do controle biológico como técnica sustentável no manejo de insetos em sistemas agrícolas e florestais do Mato Grosso do Sul. Posteriormente, em 27 de outubro de 2022, foi instituído o Programa Estadual de Bioinsumos, com o objetivo de ampliar e consolidar práticas que promovem o desenvolvimento sustentável do setor agropecuário, através da expansão da produção, do desenvolvimento e da utilização de bioinsumos, marcando um importante avanço na adoção dessas tecnologias na agricultura do estado.

O programa tem como objetivo principal fomentar a adoção de tecnologias sustentáveis no agronegócio e estimular pesquisas científicas em parceria com instituições de ensino e entidades públicas e privadas, sendo coordenado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. Além disso, o programa será responsável por estabelecer parcerias estratégicas para implementar ações de produção e utilização de bioinsumos, promover o desenvolvimento de pesquisas na área e monitorar sistematicamente os resultados obtidos pelo programa.

Outro avanço importante em escala Nacional foi a Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024 ([https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm)), que estabelece um marco regulatório para bioinsumos no Brasil, abrangendo sua produção, importação, exportação, registro, comercialização, uso, inspeção, fiscalização, pesquisa, experimentação,



embalagem, rotulagem, propaganda, transporte, armazenamento, taxas, prestação de serviços, destinação de resíduos e embalagens, além de incentivos à produção para uso agrícola, pecuário, aquícola e florestal e altera as Leis nºs 14.785, de 27 de dezembro de 2023, 10.603, de 17 de dezembro de 2002, e 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (Figura 02).

Entre outros pontos, a nova lei dispensa de registro de bioinsumos produzidos para o consumo próprio nas propriedades rurais, estabelece mecanismos oficiais de estímulo ao uso de bioinsumos e cria uma taxa para financiar o trabalho de fiscalização pelo Ministério da Agricultura. A norma abrange aspectos como produção, importação, exportação, registro, comercialização, uso, inspeção, fiscalização, pesquisa, experimentação, embalagem, rotulagem, propaganda, transporte, armazenamento, taxas, prestação de serviços, destinação de resíduos e embalagens e incentivos à produção. As disposições da lei se aplicam a todos os sistemas de cultivo, incluindo o convencional, o orgânico e o de base agroecológica, como também a todos os bioinsumos utilizados na atividade agropecuária.

Segundo a lei, o controle, o registro, a inspeção e a fiscalização dos produtos e dos estabelecimentos competem ao órgão federal, estadual ou distrital responsável pela defesa agropecuária, no âmbito de suas competências.



No Art. 2º Para os fins dessa Lei, consideram-se:

- I - biofábrica: estabelecimento para produção de bioinsumo ou de inóculo de bioinsumo com fins comerciais, que dispõe de equipamentos e de instalações que permitam o controle de qualidade e a segurança sanitária e ambiental de sua produção;
- II - bioinsumo: produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, incluído o oriundo de processo biotecnológico, ou estruturalmente similar e funcionalmente idêntico ao de origem natural, destinado ao uso na produção, na proteção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários ou nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfira no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta dos animais, das plantas, dos microrganismos, do solo e das substâncias derivadas e que interaja com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos;

A legislação incentiva a produção e o uso desses insumos, visando promover práticas agrícolas mais sustentáveis e reduzir a dependência de produtos químicos sintéticos. A lei também busca fomentar a inovação no setor agropecuário, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias baseadas em recursos biológicos.

A lei também regulamenta o registro de estabelecimento e produto, a produção para uso próprio, a produção comercial, as competências e a instituição da Taxa de Registro de Estabelecimento e Produto da Defesa Agropecuária. Ela será cobrada apenas para avaliação e alteração de registros que demandam



análises técnicas de bioinsumos produzidos ou importados para fins comerciais, assim como para os estabelecimentos que se importam com esse propósito.

Ao regulamentar o uso de bioinsumos, a lei contribui para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental, alinhando-se às demandas por práticas agrícolas mais responsáveis e ecológicas, o que representa um grande avanço no Brasil.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024. Dispõe sobre a produção, a importação, a exportação, o registro, a comercialização, o uso, a inspeção, a fiscalização, a pesquisa, a experimentação, a embalagem, a rotulagem, a propaganda, o transporte, o armazenamento, as taxas, a prestação de serviços, a destinação de resíduos e embalagens e os incentivos à produção de bioinsumos para uso agrícola, pecuário, aquícola e florestal e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 2024. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm). Acesso em: 1 jun. 2025.

PARRA, J.R.P. A prática do controle biológico de pragas no Brasil. In: PINTO, Alexandre de Sene *et al.* (Org.). **Controle Biológico de Pragas: na prática**. 1. ed. [S. l.], v. 1, p. 11-24, 2006.

PARRA, J. R. P. Biological Control in Brazil: an overview. **Scien-tia Agricola**, São Paulo, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. 592 p.



# CAPÍTULO 15

SISTÊMICA KOVÊ  
E BIOINSECTHS,  
STARTUPS  
CONCEBIDAS  
NA UFGD



**Figura 01.** Linha de produção de macrobiológicos da Sistêmica Kovê.

A concepção da empresa surgiu durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa “Produção e liberações inoculativas de eulofídeos para o controle biológico de lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto”, registrado na UFGD em parceria com a Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (REFLORE-MS) e com gestão da FUNAEPE. Os resultados promissores obtidos no atendimento às demandas dos silvicultores do Mato Grosso do Sul, combinados com nosso desejo de aplicar os conhecimentos gerados pela pesquisa na sociedade e com o interesse do pós-doutorando Carlos Reinier Garcia Cardoso no empreendedorismo, motivaram a iniciativa. Além disso, a necessidade de obter financiamento de forma ágil para manter as atividades do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da UFGD foi fator determinante.

Acreditamos firmemente que parcerias público-privadas entre universidades e empresas beneficiam a



sociedade, os estudantes e os pesquisadores, ao aproximar a academia de questões reais e urgentes que articulam produção agrícola e conservação ambiental. Fundamentados numa visão sistêmica do planeta, na análise integrada da realidade e no alinhamento entre ciência moderna, inovações e tecnologias, criamos a Sistêmica Kovê, da qual sou professor-tutor representante da UFGD e o Carlos, nosso egresso, atua como Diretor-Presidente.

Em 12 de abril de 2019, a UFGD formalizou a assinatura do Termo de Pré-Incubação entre a GDTec (Incubadora de Empresas de Base Tecnológica) e a empresa Sistêmica Kovê SK (CNPJ: 35.785.522/0001-20). Após a conclusão do período de pré-incubação, em 4 de maio de 2020, foi assinado o Termo de Incubação Interna na GDTec, com vigência inicial de 4 de maio de 2020 a 3 de maio de 2022 (prorrogável por até dois períodos adicionais de seis meses). A Instrução de Serviço Conjunta nº 1 de 3 de junho de 2020 autorizou a Sistêmica Kovê, por meio da DIVIN/PROEX, a utilizar, de forma compartilhada, o Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), sob coordenação do Prof. Fabricio Fagundes Pereira.

Especializada no fornecimento de agentes biológicos e serviços relacionados ao controle de artrópodes-praga no setor agropecuário, a Sistêmica Kovê destaca-se por oferecer produtos e serviços de alta qualidade a preços competitivos, com a vantagem de utilizar espécies nativas melhor adaptadas às con-



dições edafoclimáticas do Mato Grosso do Sul. Essa abordagem regionalizada permite maior eficiência no controle biológico, além de reduzir os custos associados ao transporte de insumos provenientes de outras regiões, solução que tradicionalmente encarece os produtos finais e, muitas vezes, utiliza organismos não adaptados ao bioma local (Figura 01).

A empresa, que tem como diretor-presidente Carlos Reinier Garcia Cardoso – estudante de pós-doutorado do Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) e como responsáveis técnicos Willian Yoshio Sanomia e, posteriormente, Alex Polatto Carvalho – iniciou suas atividades com recursos próprios e tem buscado financiamento por meio de editais de órgãos financiadores, empresas parceiras e/ou outros meios legais (projetos técnicos e de pesquisa). A marca de produtos e serviços da empresa, Sistêmica Kovê SK, foi registrada sob o processo nº 919682693.

A Sistêmica Kovê solicitou ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), no Processo nº 21000.072883/2023-24 – com resposta por meio da Nota Técnica nº 3/2024/SEER/DIRPF/CGAA/DSV/SDA/MAPA –, autorização para produzir e comercializar as espécies de insetos: *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), *Epehestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), *Plutella xylostella* (Lin-



naeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), *Negra viridula* (Linnaeus, 1758), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) (Heteroptera: Pentatomidae), *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae). Também foram solicitadas três especificações de referência de novos produtos biológicos, parasitoides de lepidópteros-praga, denominados TRIDKOVÊ (*Trichospilus diatraeae*), TEKOVÊ (*Tetrastichus howardi*) e PEKOVÊ (*Palmistichus elaeisis*), ao MAPA, das quais já foram descritas como Agentes Biológicos de Controle segundo a Portaria nº 363, de 14 de julho de 2021, o TRIDKOVÊ (*Trichospilus diatraeae*) e o PEKOVÊ (*Palmistichus elaeisis*).

A Sistêmica Kovê SK, em parceria com o LECOBIOL-UFGD, tem trabalhado para comprovar a eficiência desses produtos no controle biológico de pragas, contando principalmente com o apoio da Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (Reflore-MS) e do CNPq. Além disso, outras pesquisas em parceria com a UFGD estão sendo realizadas com os parasitoides de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae) e o predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae), visando obter o registro para comercialização junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

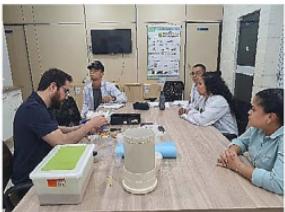


A concepção e a gestação da Sistêmica Kovê enfrentou diversos desafios e etapas, incluindo a elaboração do plano de negócios, a caracterização da empresa como empreendimento pré-incubado com viabilidade técnica qualificada (exequibilidade, mérito científico e tecnológico) conforme o Regimento da Incubadora Empresarial e Tecnológica/GDTec da Fundação Universidade Federal da Grande Dourados (Resolução nº 678, de 15/12/2023), a aprovação do projeto pelo Conselho Diretor da Faculdade e pelo Conselho GDTec, a criação de CNPJ e marca, o registro e o acompanhamento por escritório de contabilidade, a abertura de conta bancária, a obtenção de licenças e alvarás de funcionamento, e o processo de incubação totalmente aprovado. No caso específico da Sistêmica Kovê, destacou-se ainda a obtenção do registro para comercialização de produtos biológicos junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), além da elaboração e da implementação de um Plano Estratégico para divulgação da marca e captação de clientes.

Com muita insistência e dedicação, a Sistêmica Kovê, em parceria com o Laboratório de Controle Biológico de Insetos da UFGD, completa seis anos como exemplo bem-sucedido de parceria público-privada, demonstrando que é possível aliar ensino, pesquisa e extensão para formar estudantes e profissionais com bases científicas, técnicas e empreendedoras, respeitando critérios éticos e harmonizando a produção agrícola com a conservação ambiental.



A Sistêmica Kovê inspirou nosso egresso, Dr. Fernando Henrique Moreira dos Santos, a fundar a BIOINSECTHS PESQUISA E CONSULTORIA AGRONÔMICA (CNPJ 49.590.285/0001-57) (Figura 02).



**Figura 02.** Treinamento e consultoria agrônoma – Bioinsecths.

A empresa tem os seguintes objetivos:

- Prestar serviços de consultoria em agronomia e pecuária;
- Elaborar análises técnicas;
- Representar comercialmente bioinsumos para controle agrícola;
- Desenvolver protocolos de produção laboratorial de insetos-praga e seus agentes de controle biológico;
- Criar insetos;
- Desenvolver métodos para monitoramento de pragas;
- Oferecer treinamentos em técnicas de criação de insetos;
- Ministrar palestras, cursos e minicursos;
- Elaborar laudos de eficiência agronômica;



- Criar protocolos experimentais;
- Realizar amostragens de pragas e inimigos naturais;
- Executar testes de controle de qualidade de agentes de controle biológico.

A BIOINSECTHS será a segunda startup a ser incubada na GDTec ou, alternativamente, estabelecerá um convênio de cooperação com a UFGD. Essa iniciativa visa fortalecer ainda mais a conexão entre nossa universidade e a sociedade, além de consolidar e manter vivo nosso espírito científico, técnico e empreendedor.

## REFERÊNCIAS

CARDOSO, C. R. G.; LUCCHETA, J. T.; PEREIRA, F. F. Sistêmica kovê: startup incubada na UFGD registra novos agentes biológicos de controle. In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFGD, 15., 2021, Dourados. **Anais** [...]. Dourados: UFGD, 2021. p. 1.



# CAPÍTULO 16

DESAFIOS E  
APRENDIZAGENS  
APÓS 18 ANOS  
DE DOCÊNCIA  
E PESQUISA  
NA UFGD



No dia 4 de julho de 2007, fui aprovado como professor visitante do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Iniciar minha carreira docente pela pós-graduação foi um desafio, mas essencial para consolidar minha vocação como cientista – até então, tinha ministrado apenas algumas aulas durante meu mestrado, doutorado e pós-doutorado. O professor Dr. Honório Roberto dos Santos, coordenador do PPGECB, recebeu-me de braços abertos e, ao mencionar que se aposentaria pela segunda vez, incentivou-me a assumir as disciplinas de Entomologia Agrícola (graduação em Agronomia) e Controle Biológico no Manejo Integrado (pós-graduação em Agronomia), ambas na Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD. Aprovado em concurso público e contratado oficialmente para atuar no PPGECB/FCBA, fui posteriormente convocado a lecionar também as disciplinas de Comunicação Química entre Insetos e Sustentabilidade na Produção de Alimentos e Energia (graduação em Ciências Biológicas



e Gestão Ambiental), além de Controle Biológico no próprio PPGEBC.

Sempre digo que tenho “corpo e raízes de engenheiro agrônomo, com coração de biólogo e visão de biotecnólogo”. Naquele período entre 2007 e 2008, editais eram frequentemente publicados, disponibilizando recursos financeiros para a abertura de novos cursos de graduação, aquisição de equipamentos e cooperação entre os Programas de Pós-Graduação. O Prof. Honório sempre me incentivava: “Fique à vontade para montar os projetos”. Diante de tantas oportunidades e desafios - especialmente considerando que meu contrato inicial era de apenas um ano, renovável por mais um - além de ministrar disciplinas, engajei-me ativamente na elaboração e na aprovação de 3 projetos e publiquei 4 artigos científicos com base na minha tese de doutorado. Contudo, em dezembro daquele mesmo ano, recebi a notícia inesperada de que meu contrato havia sido anulado devido a um erro no edital de publicação. Mesmo assim, continuei trabalhando voluntariamente por quatro meses, até a regularização da situação.

Na sequência, surgiu-me a oportunidade de contribuir, juntamente com a Professora Keli Mary, para a criação do curso de Biotecnologia na FCBA. Paralelamente a essa atividade, prestei concursos para professor na Universidade do Tocantins e na UFGD, sendo aprovado e convocado em 18 de dezembro de 2008 para atuar no curso de Biotecnologia. Immediatamente fui credenciado nos PPGs de Agronomia



e de Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Preparar e ministrar aulas sobre diversos temas para cursos de diferentes faculdades - inclusive fora de minha área de formação - atender demandas em comissões, orientar estudantes de graduação e pós-graduação, publicar artigos científicos, participar de bancas examinadoras, atuar como consultor de revistas especializadas e elaborar projetos de pesquisa para captação de recursos, tudo isso realizado simultaneamente e sem apoio inicial, constituiu meus primeiros e maiores desafios profissionais.

A segunda etapa, desafiadora, porém instigante, consistiu em captar recursos para a construção e manutenção do laboratório de pesquisa, além de formar público interessado em entomologia e controle biológico. Entretanto, esse processo foi marcado por situações decepcionantes, como a falsificação de minha assinatura por estudantes de graduação e pós-graduação, além da falta de consideração e gratidão mínimas após seis anos de dedicação à formação de dois pós-graduandos - uma experiência que contrastava fortemente com o entusiasmo inicial do trabalho científico e educacional.

É fato que o ensino, a pesquisa e a extensão, especialmente nas universidades, não têm evoluído na proporção e na velocidade necessárias para acompanhar as mudanças comportamentais das diferentes gerações e as exigências da sociedade. Essa realidade, aliada ao avanço das tecnologias digitais, à desinformação, ao descrédito da ciência e da educação, e à



desvalorização dos profissionais graduados e pós-graduados, tem causado um crescente desinteresse dos estudantes pela ciência e pela educação. Como consequência, a energia e a inspiração de cientistas e docentes como eu vêm sendo drenadas aceleradamente, sem tempo para renovação. A grande quantidade de demandas pessoais e profissionais em curtos prazos, somada à sensação de incapacidade para executar nosso trabalho com qualidade dentro dos prazos estabelecidos, tem se tornado outro desafio significativo, acarretando graves problemas de saúde mental, física, emocional, além de dificuldades nas relações sociais. No entanto, a cada nova descoberta, a cada olhar de estudante ávido por conhecimento, a cada reconhecimento recebido de meus pares e da sociedade, renovo minhas forças, recarrego minhas energias e sigo adiante, trabalhando e vivendo com profunda gratidão.

Dentre as lições aprendidas, destaco a importância de manter o foco e a continuidade nas atividades de pesquisa e docência, adotando uma abordagem equilibrada: dedicando 50% de atenção ao que já desenvolvemos há algum tempo, 30% a otimizações e 20% a novas oportunidades. Aprendi igualmente o valor da leitura, da reflexão e da pesquisa aprofundada em temas específicos, sem perder a visão ampla do conhecimento e suas interconexões. Essa perspectiva me permite considerar simultaneamente o passado, o presente e o futuro, compreendendo como se articulam no processo contínuo de construção do saber.



Ao longo de inúmeras horas dedicadas ao trabalho acadêmico, desenvolvi a paciência necessária para aguardar o conhecimento de cantar, permitindo-me absorvê-lo com maior profundidade e criar novas formas de visualização, transformação e aplicação. Paralelamente, aprendi a valorizar minha intuição, equilibrando-a com o rigor científico, compreendendo que nem todo conhecimento válido precisa estar necessariamente confinado aos limites do que a ciência humana consegue comprovar no presente.

Compreendi que ter um propósito de vida é essencial. No meu caso, esse propósito se traduz em viver em harmonia comigo mesmo e com os outros - mestres, estudantes e colegas - dedicando-me, dentro das minhas possibilidades, à preservação, à restauração e ao uso sustentável dos nossos ecossistemas naturais e das áreas agrícolas, buscando sempre o equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a conservação ambiental.

Aprendi que construir uma rede de contatos e colaborar com colegas, cientistas, pesquisadores e técnicos é fundamental - afinal, a vida se constitui como uma complexa teia de conexões, cuja extensão, resiliência e alcance são diretamente proporcionais à energia investida por seus principais atores e protagonistas. Cada interação e parceria fortalece essa rede, ampliando seu potencial de impacto e transformação.

Reitero aqui meus sinceros agradecimentos ao Pai Celestial e aos meus anjos, à minha família e aos meus amigos, aos insetos parasitoides que tanto estudo e admiro, a meus professores, orientadores e supervi-



sores, aos membros do Grupo de Pesquisa Controle Biológico de Insetos, à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) - com especial reconhecimento à Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) e à Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) -, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FUNAEPE), ao Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL), às empresas de controle biológico Sistêmica Kovê, Bioinsecths, Vittia, Koppert e Agropure, à Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (REFLORE-MS), ao Laurentian Forestry Centre (LFC) do Natural Resources Canada (NRCan) e à Université Laval (UL), que, juntos, não apenas me acolheram, mas deram profundo significado tanto pessoal quanto profissional à minha existência, transformando minha trajetória acadêmica em uma verdadeira missão compartilhada.





# CAPÍTULO 17

GRUPO DE  
PESQUISA  
CONTROLE  
BIOLÓGICO  
DE INSETOS  
(UFGD-CNPQ)



**Laboratório de controle biológico de insetos - LECOBIOL - UFGD**

**Figura 01.** Website: <http://www.lecobiol.com.br/> instagran. prof. fabríciofagundes

O grupo de pesquisa Controle Biológico de Insetos – LECOBIOL/CNPq/UFGD foi criado em 2009 com o objetivo de desenvolver programas de controle biológico para mitigar os danos causados por insetos-praga nas principais culturas agrícolas e florestais do Brasil. Nossa sede é o Laboratório de Controle biológico de Insetos (LECOBIOL), [www.lecobiol.com.br](http://www.lecobiol.com.br) na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. Nossa atuação se baseia em parcerias estratégicas com renomados pesquisadores: Dr. Dirceu Pratissoli (UFES) na revisão de projetos; Dr. José Cola Zanuncio (UFV) e Dr. Patrik Luiz Pastori (UFGD) na redação e na publicação de manuscritos; Dr. Jorge Braz Torres (UFRPE) no projeto PROCAD-CAPES; Dr. Harley Nonato de Oliveira (Embrapa Agropecuária Oeste); Marcos Gino Fernandes e Dr. Carlos Frederico Wilcken (UNESP) nas discussões científicas e técnicas.

Contamos ainda com a colaboração fundamental da Reflore-MS (Associação Sul-Mato-Grossense de



Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas), especialmente das empresas Suzano (Everton Pires Soliman) e Eldorado Brasil (Sharlles Dias), que disponibilizam áreas comerciais de eucalipto para estudos com os principais insetos-praga: *Thyrinteina arnobia*, *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae) e *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae). Parcerias com a Koopert (Eloa Cabrera), Grupo Vittia (Joan Brigo Fernandes), Sistêmica Kovê (Carlos Reinier Garcia Cardoso) e Bioinsectths (Fernando Henrique Moreira dos Santos) têm sido essenciais para a produção e para o registro de parasitoides junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

Essas colaborações têm permitido: (1) desenvolvimento e transferência de tecnologias para produção e liberação de inimigos naturais, particularmente parasitoides para o manejo biológico de pragas em culturas econômicas, com ênfase no eucalipto; (2) formação de recursos humanos qualificados nos Programas de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade e em Agronomia da UFGD.

Nossos trabalhos atuais visam: (i) dar continuidade às liberações dos parasitoides *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Figura 02) para controle de lepidópteros desfolhadores (*T. arnobia*, *I. panopla* e *Spodoptera cosmioides*) em eucaliptais; (ii) bioprospecatar novos agentes de controle biológico; e (iii) fortalecer as parcerias com diversas empresas associadas à



Reflore-MS (Suzano, Eldorado Brasil, Brasilwood, TTG, Lacan, Arauco, Bracel, Manulife), AgroPure, Grupo Vitta e Koopert.

Na cultura da soja, obtivemos resultados significativos no manejo biológico de pragas-chave, demonstrando a eficácia de: (1) *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) no manejo de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) - o percevejo-marrom-da-soja; e (2) *T. howardi* no controle de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) - a lagarta-falsa-mediadeira. Esses parasitoides apresentam grande potencial para integração em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) na sojicultura brasileira (Figura 02).



**Figura 02.** Parasitoides estudados pelo grupo de pesquisa Controle biológico de insetos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Além da produção científica gerada por meio de orientações em iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado, destacam-se os seguintes resultados práticos e ações estratégicas que justificam a continuidade dessa proposta:



- 1. Parceria institucional:** Apoio técnico contínuo da REFLORE-MS ao projeto de pesquisa "Produção e eficiência de parasitoides para o controle biológico de lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto", registrado na UFGD sob coordenação do Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira.
- 2. Produção em larga escala:** Em parceria com o LECOBIO-L-UFGD, a Sistêmica Kovê já produziu aproximadamente 100 milhões de inimigos naturais, disponibilizando-os para aplicação em 100.000 hectares de plantios de eucalipto.
- 3. Monitoramento fitossanitário:** Participação ativa nas reuniões mensais do Grupo de Fitossanidade da REFLORE-MS tem permitido a atualização sistemática do banco de dados sobre áreas infestadas, níveis populacionais de pragas e métodos de controle empregados, possibilitando a padronização de ações e a implementação de estratégias de controle mais eficazes.
- 4. Adoção pelo setor produtivo:** Doze empresas associadas à REFLORE-MS (Suzano, Eldorado Brasil, Brasilwood, Grupo Copa, Manulife, Bracel, TTG, Lacam, Quilombo, Grupo Mutum, Arauco e Ramires) aplicaram com sucesso o controle biológico utilizando parasitoides e *Bacillus thuringiensis* (Eubacteriales: Bacillaceae) em aproximadamente 350.000 hectares de eucalipto entre 2021 e 2023, com perspectivas de expansão das áreas tratadas.
- 5. Capacitação profissional:** Formação contínua de recursos humanos especializados



em controle biológico, incluindo a previsão de envolvimento de doutorandos, mestrandos e estudantes de iniciação científica no projeto.

6. **Treinamentos técnicos:** Realização de mais de 100 expedições de campo e 15 capacitações para técnicos das empresas associadas à RE-FLORE-MS em monitoramento de pragas, produção e aplicação de inimigos naturais - números que deverão aumentar significativamente com a expansão da equipe.
7. **Estruturação da cadeia produtiva:** Colaboração para a implantação de duas biofábricas de inimigos naturais (Eldorado Brasil e Suzano) e criação de duas empresas especializadas (Sistêmica Kovê, incubada na UFGD, e Bioinsecths), consolidando o ecossistema de inovação no setor.

É fundamental destacar os pilares que orientam nosso grupo de pesquisa:

**Missão:** Desenvolver pesquisas e práticas inovadoras em controle biológico que promovam simultaneamente o aumento da produtividade agrícola e a preservação ambiental.

**Visão:** Consolidar-nos como referência nacional em excelência científica para o controle biológico de insetos-praga em ecossistemas agrícolas e florestais.

**Valores:**

- Comprometimento com a ciência de impacto;
- Humildade intelectual;
- Abordagem sistemática das interações ecológicas;
- Responsabilidade socioambiental.



**Propósito:** Revolucionar a agricultura através do conhecimento científico, transformando-a em vetor de conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida.

**Tagline:** "Conexões inteligentes para uma produção sustentável, consciente e produtiva."



O Grupo de Pesquisa em Controle Biológico de Insetos da UFGD/CNPq desempenha um papel fundamental na ponte entre a academia e o setor produtivo, convertendo conhecimento científico em aplicações práticas por meio de três eixos principais: (1) capacitação de profissionais especializados, (2) treinamento técnico para produtores rurais e (3) desenvolvimento de bioinsumos inovadores para a agricultura. Para assegurar a sustentabilidade e a expansão dessas iniciativas que integram pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico e empreendedorismo, nosso grupo mantém esforços contínuos na captação de recursos financeiros junto a agências de fomento públicas e parceiros privados, visando ampliar o impacto de nossas soluções biológicas no agronegócio brasileiro.



## REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil: controle biológico de insetos. Brasília, DF: CNPq, [2025]. Disponível em: <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/7209288775787823>. Acesso em: 15 jun. 2025.



# CAPÍTULO 18

OLHAR SISTÊMICO  
DE UM CIENTISTA  
VISITANTE  
BRASILEIRO  
NO CANADÁ



**Figura 01.** Vivência em instituições, locais e eventos de ensino e pesquisa no Canadá.

## Um Mundo em Colapso e Conectado

Vivemos em uma era de contrastes extremos. De um lado, a busca incessante por crescimento ilimitado alimenta a ilusão de que economias, mercados e populações podem expandir-se indefinidamente. Do outro, a realidade nos confronta: habitamos um planeta finito, de recursos escassos e ecossistemas cada vez mais frágeis. O crescimento populacional desenfreado e a expansão corporativa acelerada intensificam a exploração de matérias-primas, sustentando um modelo que, em seu curso autodestrutivo, compromete as próprias bases que o mantêm.

O uso descontrolado de combustíveis fósseis alimenta esse ciclo vicioso, impulsionando indústrias e sociedades ao mesmo tempo em que agrava a crise climática – manifestada em temperaturas recordes, secas prolongadas, incêndios devastadores e tempes-



tades de intensidade inédita. As consequências são devastadoras: esgotamento acelerado dos recursos naturais, degradação do solo, extinção em massa de espécies e escassez hídrica sem precedentes. Os serviços ecossistêmicos, essenciais à vida, estão em colapso: florestas dizimadas, oceanos intoxicados e um sistema agrícola à beira do limite. Com a demanda crescendo e o clima se tornando mais hostil, os preços dos alimentos disparam, aprofundando desigualdades e ameaçando a estabilidade global. Esse cenário desencadeia uma crise civilizatória sem precedentes, catalisando pandemias, migrações em massa e conflitos geopolíticos por recursos essenciais. O planeta transforma-se em um palco de lutas pela sobrevivência, onde populações inteiras são desenraizadas, obrigadas a buscar abrigo em regiões já à beira do colapso.

Paradoxalmente, na era da informação acelerada, o tsunami de dados, em vez de esclarecer, alimenta a desordem cognitiva: desinformação viralizada, algoritmos que radicalizam e uma crise epistêmica que mina os alicerces democráticos. Nas fábricas de manipulação digital, onde operam bolhas ideológicas e negacionismos convenientes, a ciência é posta em xeque, a política se banaliza e a capacidade de pensamento crítico - último antídoto contra a barbárie - definha progressivamente. Emerge, assim, um círculo vicioso autodestrutivo: consumismo compulsivo alimenta extremismos, distrações infinitas substituem reflexão profunda, e sociedades abandonam o saber crítico em troca de entretenimento vazio. Vivemos na era da ditadura das distrações – em



que horas evaporam em trivialidades digitais, corroendo nossa capacidade de concentração, criatividade e, por fim, nossa sanidade mental.

Transformamo-nos em autômatos digitais, esravizados por dopamina virtual, aprisionados nas celas douradas das redes sociais. Nossos passos, pensamentos e desejos são rastreados, dissecados e manipulados por algoritmos que redesenham nossa realidade percebida. Vigilância total tornou-se nossa condição permanente - e a aceitamos com resignação patológica, entorpecidos pelo bombardeio sensorial e pelo pânico do que jaz além de nossas bolhas digitais.

O futuro nos coloca diante da encruzilhada definitiva: persistir nesse ritmo frenético de autodestruição e alienação ou reinventar radicalmente nossa existência. A saída talvez resida na sabedoria do equilíbrio - menos obsessão por acumulação, mais ênfase na evolução interior; menos controle algorítmico, mais despertar da consciência; menos ruído digital, mais clareza de propósito. Na pausa reflexiva, entre um mundo que se esgota e outro por nascer, poderemos discernir novos horizontes - e talvez redescobrir nossa humanidade antes que o relógio da civilização atinja sua última badalada.

## **UM NOVO PARADIGMA: TECNOLOGIA, SUSTENTABILIDADE E CONSCIÊNCIA PARA UM FUTURO VIÁVEL**

Diante dos complexos desafios planetários deste século, soluções tecnológicas disruptivas surgem como alicerces para um novo paradigma de desenvol-



vimento sustentável. A tríade segurança hídrica, energética e digital posiciona-se no centro das prioridades globais, garantindo não apenas o acesso a recursos vitais, mas também a proteção de infraestruturas críticas em nossa realidade hiperconectada.

Avanços exponenciais em IA generativa e IoT estão revolucionando a otimização de sistemas complexos: desde diagnósticos médicos preditivos até agricultura de precisão com sensores inteligentes, essas tecnologias promovem eficiência radical, minimizando perdas e criando modelos de gestão baseados em dados em tempo real. Essa transformação digital verde aponta para um futuro inovação e sustentabilidade convergem.

A ciência e a tecnologia emergem como pilares fundamentais na edificação de um futuro verdadeiramente sustentável. Infraestruturas de divulgação científica - incluindo museus interativos, laboratórios abertos e feiras de inovação - desempenham papel crucial na alfabetização científica da sociedade, transformando conhecimento complexo em soluções acessíveis. O caso paradigmático do desenvolvimento acelerado de vacinas e a modernização do SUS evidenciam como o investimento em ciência básica se converte em resiliência sanitária, armando-nos contra ameaças como pandemias globais e a crescente resistência antimicrobiana.

No front ambiental, tecnologias de monitoramento oceânico de última geração (como redes de sensores inteligentes e satélites de alta resolução) estão revolucionando nosso combate à poluição marinha. Na Amazônia, sistemas integrados de vigilância ambiental



protegem comunidades tradicionais contra contaminantes como o mercúrio, demonstrando que saúde humana e ecossistêmica são indissociáveis.

A biotecnologia avançada consolida-se como uma ferramenta transformadora de múltiplas facetas: desde o desenvolvimento de medicamentos bioassintéticos baseados em nossa rica biodiversidade até a criação de culturas agrícolas geneticamente adaptadas aos extremos climáticos. Aliada a plataformas de bioinformática de última geração - capazes de analisar complexos conjuntos de dados em escala petabyte - essa sinergia tecnológica estabelece um ciclo regenerativo: em que cada avanço científico potencializa a conservação ambiental, pavimentando o caminho para um modelo de desenvolvimento que não só previne danos, mas ativamente restaura ecossistemas degradados.

O ambiente urbano torna-se palco dessa revolução sustentável, com os sistemas urbanos inteligentes incorporando:

- Ecossistemas de inovação com startups especializadas em soluções verdes;
- Bioinsumos de alta eficiência para agricultura urbana;
- Frotas de drones equipados com sensores hiperespectrais para monitoramento agroambiental;
- Algoritmos de deep learning para modelagem climática preditiva;
- Sistemas de alerta precoce para eventos extremos.



Paralelamente, a indústria urbana reinventa-se através da economia circular, substituindo plásticos convencionais por embalagens inteligentes desenvolvidas a partir de biomateriais - reduzindo o volume de resíduos em aterros sanitários.

A verdadeira revolução transcende a esfera tecnológica - reside numa mudança paradigmática em nossa relação com a natureza. O redesenho produtivo inteligente demonstra que é possível extrair mais valor de menos recursos, compactando operações em espaços otimizados que regeneram em vez de degradar. Nesse novo modelo, o manejo agroecológico torna-se a base para uma agricultura que não apenas produz alimentos, mas reconstrói tecidos ecológicos, harmonizando produtividade com serviços ambientais essenciais.

Estamos testemunhando o surgimento de um ciclo produtivo consciente, em que:

- Sistemas de irrigação inteligente respeitam os ciclos hidrológicos;;
- Biofábricas substituem insumos químicos por soluções biológicas
- Tecnologias regenerativas transformam passivos ambientais em ativos ecológicos.

Essa transformação exige que enxerguemos a Terra como um sistema vivo e interdependente, no qual cada ação humana gera reverberações em cadeia. O futuro que almejamos não será moldado apenas por nossa capacidade inventiva, mas principalmente por



nossa maturidade ecológica - a sabedoria de prosperear dentro dos limites planetários. O grande desafio civilizatório deste século consiste em tecer uma nova narrativa de progresso, em que: 1. Inovação e conservação sejam faces da mesma moeda; 2. Desenvolvimento se mede pela saúde dos ecossistemas; 3. A qualidade de vida das futuras gerações orienta cada decisão atual.

## O ESSENCIAL: CIÊNCIA, CONSCIÊNCIA E CONEXÃO

Em um mundo em constante transformação, no qual desafios e oportunidades coexistem, o essencial é aliar foco e propósito à sabedoria que nos orienta: a intuição que nos guia, a ciência que nos fundamenta e a ética que nos ancora, sem jamais perder de vista a humanidade compartilhada e o legado dos que nos antecederam. Nossos ancestrais nos deixaram lições profundas — o respeito à natureza, a busca pelo equilíbrio e o valor do conhecimento transmitido. O dilema entre produzir ou conservar não deve ser uma contradição, mas um chamado à síntese harmoniosa entre progresso e preservação. Para alcançá-la, é preciso cultivar a reflexão, o estudo e a busca incessante por compreensão, pois só com clareza e profundidade poderemos enfrentar os desafios do hoje e os que ainda estão por vir.

A tecnologia nos presenteia com ferramentas transformadoras, mas demanda discernimento em sua aplicação. Uma inteligência digital ética deve servir



como aliada do conhecimento científico, da formação crítica e do interesse coletivo - jamais como mecanismo de manipulação ou controle. O verdadeiro desafio reside em harmonizar avanço tecnológico com significado humano, eficácia com valores fundamentais.

Os complexos problemas atuais exigem alianças estratégicas entre os setores público e privado, integrando diferentes saberes e práticas. É crucial garantir independência científica para que pesquisas e inovações prosperem com rigor e autenticidade. Redes colaborativas globais tornam-se imprescindíveis, pois crises como mudanças climáticas e pandemias só encontram soluções através da ciência aberta e da cocriação de respostas.

Somos parte integrante de um organismo planetário complexo, no qual cada forma de vida se entrelaça numa rede de interdependências delicadas. Essa cosmovisão ecológica revela que todo progresso autêntico exige: reverência aos ritmos da natureza, compromisso com o bem coletivo e compreensão profunda de que cada espécie sustenta o equilíbrio dinâmico da biosfera. O verdadeiro avanço humano emerge quando transcendemos a visão antropocêntrica e aceitamos nossa interdependência com toda biosfera.

O caminho à frente demanda a síntese harmoniosa entre conhecimento técnico e sabedoria ancestral, entre ruptura inovadora e continuidade ética. Devemos progredir sem perder nosso núcleo essencial - aquilo que nos define como espécie consciente e responsável. O desafio maior é edificar uma civilização que



uma eficiência e compaixão, criando, assim, um legado regenerativo em que as gerações futuras possam não apenas sobreviver, mas florescer em plenitude.

## **OLHAR E PERCEPÇÃO SOBRE O CANADÁ E SEUS CAMINHOS PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL.**

Minha experiência como Visiting Scientist no Laurentian Forestry Centre, em Quebec, QC, Canadá, durante meu ano sabático (de 1º de agosto de 2024 a 31 de julho de 2025), foi desafiadora, fascinante e muito transformadora. Ela expandiu minha visão tanto como ser humano quanto como cientista. Expressarei aqui um pouco de minhas percepções pessoais e profissionais.

No Canadá, o clima e as estações moldam profundamente o comportamento do povo canadense – viver em temperaturas extremas, cercado por paisagens naturais deslumbrantes, exige planejamento, organização e praticidade. A preocupação com as crianças é evidente, garantindo a continuidade de uma sociedade pacífica, de sua cultura e da harmonia entre espécies e ecossistemas. O respeito pelos mais experientes e por suas histórias é palpável, tanto nas ruas quanto nas instituições educacionais e científicas, assim como a preservação da história em museus e a consistência de pesquisas científicas ao longo de séculos, que revelam a solidez de sua ciência e educação. A gentileza e a aceitação da diversidade são marcas registradas, assim como o orgulho nacional, expresso na bandeira que enfeita objetos, prédios e corações. Mas o que



mais impressiona é o compromisso com uma educação criativa e autônoma para as crianças, que veem a neve não como obstáculo, mas como parte natural da vida – tão comum quanto a areia nas praias brasileiras. O frio extremo ensinou-os a respeitar a natureza como seu maior bem, e isso se reflete em cada detalhe do cotidiano. O tempo no Canadá flui de maneira singular: o silêncio e a contemplação predominam, mas as coisas avançam de forma lenta, firme e muito precisa.

No Brasil, o calor intenso e a vibração das pessoas nas ruas refletem a mesma exuberância de nossa beleza natural e vitalidade cultural, transformando cada momento em uma celebração espontânea da vida - mesmo cientes de que ainda há muito para evoluir. Portanto vejo que a educação surge como alicerce fundamental para construirmos uma nação mais justa e desenvolvida, sem jamais abrir mão de nossa essência alegre, criativa e acolhedora, que são marcas indeléveis de nosso povo.

A construção de uma educação sólida ao longo da história de um povo reduz significativamente os índices de corrupção - um dos principais obstáculos ao desenvolvimento acelerado e à melhoria da qualidade de vida. Quando tanto a população quanto seus líderes apresentam dificuldades em cumprir normas e princípios éticos, compromete-se a efetiva implementação de ações, instituições, legislações, mecanismos de fiscalização e projetos essenciais, tanto em escala local quanto global, que visam atender às necessidades humanitárias e aos desafios planetários.



A corrupção se configura como um dos principais obstáculos ao desenvolvimento de iniciativas voltadas ao bem comum da sociedade e à sustentabilidade planetária. Considerando que seu combate efetivo passa necessariamente pela elevação dos padrões educacionais em escala global, torna-se imperativo intensificar os esforços para ampliar e qualificar o acesso à educação de excelência no Brasil como alicerce fundamental para uma transformação social profunda e duradoura.

O Canadá destaca-se internacionalmente como uma nação exemplar, apresentando um dos menores índices de corrupção do mundo, altos níveis de escolaridade populacional e liderança global em gestão florestal sustentável. Em Québec, tive a oportunidade de vivenciar uma sociedade moderna que combina excelente qualidade de vida com um mercado de trabalho dinâmico e inclusivo. De maneira geral, a província exemplifica os valores canadenses de tolerância e diversidade cultural, criando um ambiente acolhedor onde todos podem sentir-se seguros e plenamente integrados, independentemente de suas origens ou identidades.

Para enfrentar os desafios contemporâneos da sustentabilidade florestal, o Canadá conta com o Conselho Canadense de Ministros Florestais - uma estrutura de governança multissetorial que reúne representantes dos governos federal, provincial e territorial, especialistas acadêmicos, líderes industriais, organizações não governamentais e comuni-



dades Aborígenes. Esse conselho opera mediante um sistema decisório baseado em critérios técnicos e indicadores científicos, sustentado por um processo contínuo de monitoramento coordenado e geração de relatórios sobre o estado das florestas e comunidades florestais. O país complementa essa abordagem com um marco regulatório moderno que estimula a inovação e fornece segurança jurídica para o desenvolvimento da bioeconomia florestal, aliando a promoção de empresas inovadoras com a criação de um ambiente de negócios propício para atrair investimentos e posicionar empresas canadenses como líderes globais no setor (Government of Canada, 2019).

A criação de clusters de bioeconomia de alto desempenho em todo o Canadá revela-se estratégica para fomentar a colaboração entre empresas, instituições acadêmicas e demais partes interessadas (Government of Canada, 2019). Esse modelo baseia-se em um compromisso compartilhado entre governo, academia e setores produtivos para implementar recomendações e planos de ação em quatro áreas prioritárias principais, exigindo coordenação contínua entre todos os atores envolvidos. A execução eficaz dessa estratégia requer alinhamento permanente entre as partes interessadas, visando não apenas ao sucesso imediato, mas também à construção de um futuro econômico mais diversificado e sustentável para o setor de bioeconomia canadense.



## ESTAMOS PASSANDO POR UMA REVOLUÇÃO BIOTECNOLÓGICA

Vivemos um momento histórico em que os avanços das ciências da vida estão transformando profundamente a forma como compreendemos, interagimos e modificamos os sistemas vivos — desde os organismos microscópicos até os ecossistemas complexos e o próprio corpo humano. A manipulação do DNA deixou de ser uma hipótese para se tornar uma prática rotineira. Hoje, é possível editar genes com precisão, criando organismos geneticamente modificados (OGMs), corrigindo doenças hereditárias e até mesmo desenvolvendo novas formas de vida. Essas inovações têm aplicações revolucionárias na medicina, na agricultura, na pecuária e no controle biológico de pragas.

A integração entre inteligência artificial, aprendizado de máquina e big data possibilita a análise de bilhões de dados biológicos — como genomas, comportamentos de populações de insetos ou padrões de infecção —, permitindo prever comportamentos ecológicos e respostas a tratamentos médicos. É a biologia impulsionada pela revolução digital.

A biologia ocupa um papel central na transição para uma economia sustentável. Tecnologias inovadoras - como fermentação de precisão, desenvolvimento de biomateriais e produção de biofertilizantes - estão progressivamente substituindo produtos químicos e derivados de petróleo. O controle biológico exemplifica essa mudança, representando um modelo agrícola mais integrado aos ecossistemas. Como destacam



especialistas, “os insumos biológicos aproveitam os processos naturais para aliar produtividade e sustentabilidade”, oferecendo soluções circulares e de baixo impacto ambiental.

A ciência contemporânea demonstra que o manejo inteligente da biodiversidade - por meio de estratégias como conservação de espécies, utilização de inimigos naturais e monitoramento ecológico automatizado - revela-se mais eficiente e resiliente do que os métodos tradicionais de intervenção agressiva. Nesse cenário, países como Canadá e Brasil emergem como líderes globais, desenvolvendo programas avançados de controle biológico e técnicas pioneiras de criação massiva de insetos benéficos.

O Canadá tem avançado no desenvolvimento interdisciplinar da criação em massa de insetos, setor crucial para biocontrole de pragas, alimentação animal e pesquisa científica. Essa indústria em crescimento beneficia-se da colaboração entre universidades, empresas e governo, que trabalham em melhorias de processos agrícolas, políticas regulatórias e garantia de suprimento. Avanços na biologia de insetos e na adoção de tecnologias emergentes – como monitoramento ambiental, automação e aprendizado de máquina – têm impulsionado a eficiência e a sustentabilidade do setor. No entanto, embora parcerias interdisciplinares sejam essenciais para o progresso contínuo, a comunicação entre os atores da cadeia produtiva ainda precisa melhorar com a aproximação de especialistas acadêmicos e industriais para juntos



produzirem inovações e elaborarem planos de ação para fortalecer políticas e parcerias no setor.

A criação massiva de insetos no Canadá está passando por transformações aceleradas, impulsionadas pela integração de diversas áreas do conhecimento. Biotecnologia, engenharia de processos, ciência de alimentos e sustentabilidade ambiental convergem para desenvolver soluções inovadoras, atendendo à crescente demanda por proteínas alternativas para ração animal, agentes de controle biológico e processos eficientes de valorização de resíduos orgânicos.

Na vanguarda dessas pesquisas, cientistas canadenses estão investigando aprimoramentos genéticos para otimizar a produtividade e a robustez dos insetos. Técnicas de ponta como a edição gênica são aplicadas para melhorar características-chave em espécies cultivadas em escala industrial, incluindo velocidade de desenvolvimento, eficiência alimentar e resistência a patógenos.

A automação das biofábricas canadenses representa um avanço significativo na entomocultura. Esses ambientes de criação massiva são equipados com sistemas de monitoramento integrado, incluindo sensores de temperatura, umidade e qualidade do ar, que garantem condições ótimas para o desenvolvimento dos insetos. A implementação de robótica e inteligência artificial tem revolucionado as operações, permitindo a otimização de processos como coleta, classificação, processamento e distribuição dos insetos com máxima eficiência.



O Canadá está perfeitamente alinhado aos princípios da economia circular (Ghisellini *et al.*, 2016), utilizando resíduos orgânicos das indústrias alimentícia e agrícola como substrato nutricional para larvas, particularmente da espécie *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) (mosca-soldado-negra). Esse modelo sustentável transforma subprodutos em recursos valiosos, gerando proteínas alternativas e fertilizantes orgânicos. Empresas canadenses já produzem farinha de inseto como substituto proteico para rações animais, reduzindo a dependência de fontes tradicionais como soja e farinha de peixe. Além disso, produtos como farinha de grilo (*Acheta domesticus* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera: Gryllidae) são comercializados para consumo humano, sendo incorporados em barras proteicas e snacks.

A Koppert, uma das maiores empresas de controle biológico do mundo, está presente no Canadá com uma ampla gama de soluções biológicas. Seu portfólio inclui produtos para controle de pragas e doenças, agentes polinizadores, armadilhas para monitoramento, suplementos alimentares, além de dispositivos modernos para aplicação e liberação de inimigos naturais (<https://www.koppert.ca/>). Essa empresa tem apoiado nossos projetos de pesquisa no Brasil, especialmente com o agente biológico *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para equilíbrio populacional de lepidópteros praga em ambientes agrícolas e florestais.

O marco regulatório canadense para a produção de insetos tem evoluído significativamente, com a Ca-



nadian Food Inspection Agency (CFIA) estabelecendo rigorosas normas de biossegurança. Essas regulamentações garantem a qualidade e segurança sanitária tanto para insetos destinados ao controle biológico quanto para aqueles produzidos para alimentação animal e humana, reforçando a posição do Canadá como líder nesse setor emergente (Mason *et al.*, 2024).

O aprendizado profundo e a visão computacional emergem como tecnologias disruptivas na entomologia, transformando radicalmente os métodos de detecção, medição e identificação de insetos. Esses avanços tecnológicos - incluindo algoritmos de machine learning, sistemas de imagem avançados, ferramentas acústicas e técnicas moleculares como metabarcoding - estão revolucionando o monitoramento de biodiversidade, com aplicações críticas na identificação de espécies invasoras, pragas agrícolas emergentes e novas descobertas taxonômicas, tornando-se essenciais num contexto de acelerada perda de biodiversidade global.

O Canadá está na vanguarda da automação de sistemas de monitoramento entomológico, impulsionado pela convergência de fatores críticos: inovações tecnológicas, demanda crescente por agricultura sustentável e pressão acentuada de pragas devido às mudanças climáticas. A integração de inteligência artificial, sensores remotos, armadilhas inteligentes e redes de monitoramento em tempo real está otimizando a detecção e o manejo de populações de insetos em ecossistemas agrícolas e florestais, estabelecendo novos paradigmas no controle fitossanitário.



## 1. Armadilhas inteligentes para monitoramento entomológico

As armadilhas automatizadas equipadas com sensores ópticos, câmeras de alta resolução e algoritmos de reconhecimento de imagem (Figura 01) estão revolucionando o monitoramento de insetos. Esses dispositivos inteligentes permitem a identificação em tempo real de espécies-alvo, eliminando a necessidade de inspeções manuais demoradas. As versões mais avançadas incorporam tecnologia IoT (Internet das Coisas), transmitindo dados automaticamente para plataformas centrais de monitoramento, o que agiliza significativamente o processo de tomada de decisão.



**Figura 02.** Armadilha Trapview para coleta e monitoramento de insetos em tempo real. “Novo funcionário do campo”.



## 2. Inteligência artificial na identificação de pragas

Sistemas de IA especializados estão sendo treinados para analisar imagens de insetos capturados com precisão, distinguindo espécies benéficas de pragas em tempo recorde. Essa capacidade permite não apenas a detecção precoce de infestações, mas também a otimização das estratégias de manejo integrado. Complementarmente, algoritmos de *machine learning* processam dados climáticos e históricos para prever surtos com antecedência, oferecendo aos produtores uma valiosa janela para intervenção preventiva.

## 3. Tecnologia drone em monitoramento de grandes áreas

A aplicação de drones equipados com câmeras multiespectrais, sensores térmicos e imageamento hiperespectral está transformando o mapeamento de infestações em larga escala. Essas plataformas aéreas cobrem áreas e extensões, gerando mapas de calor detalhados que revelam a distribuição espacial das pragas com resolução centimétrica. A integração desses dados com sistemas GIS (Geographic Information Systems) pode possibilitar intervenções localizadas, reduzindo o uso de insumos agrícolas (Jean *et al.*, 2023).



## MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DE INSETOS NO CANADÁ: AVANÇOS E DESAFIOS

### 1. Redes nacionais de monitoramento e colaboração

Sistemas automatizados estão sendo integrados a redes nacionais de monitoramento para rastrear a presença e a dispersão de insetos em tempo real. Instituições como o Great Lakes Forestry Centre e a Canadian Food Inspection Agency lideram iniciativas que utilizam bancos de dados colaborativos, permitindo o compartilhamento eficiente de informações entre pesquisadores, agricultores e formuladores de políticas públicas em todo o país.

### 2. Integração com tecnologias de precisão e modelagem climática

A automação no Canadá está sendo combinada com modelos climáticos avançados para prever mudanças na distribuição de pragas devido às alterações climáticas. Nas fazendas de agricultura de precisão, sensores de solo e clima trabalham em conjunto com esses sistemas, ajustando automaticamente as estratégias de manejo integrado de pragas conforme as condições ambientais em tempo real.

### 3. Desafios e benefícios da automação

Entre os principais desafios destacam-se:  
Investimento inicial elevado;  
Necessidade de capacitação técnica;  
Limitações de conectividade em áreas rurais;



## Adaptação contínua dos sistemas de IA para novas pragas.

Contudo, os resultados já são significativos:

- Redução expressiva no uso de pesticidas;
- Detecção mais rápida de surtos;
- Aumento da eficiência produtiva;
- Fortalecimento da segurança alimentar nacional.

O futuro do monitoramento de insetos no Canadá avança rumo a um sistema integralmente conectado, em que a convergência de tecnologias digitais, sensores inteligentes e inteligência artificial permitirá respostas ágeis e precisas no manejo de pragas. Essa transformação tecnológica promete revolucionar a produção agrícola e florestal, tornando-a mais sustentável e adaptada às mudanças climáticas, ao mesmo tempo que reduz significativamente o uso de pesticidas químicos.

Essa revolução biotecnológica, porém, traz profundas questões éticas que demandam reflexão: Qual o limite aceitável na manipulação da vida? Como equilibrar progresso científico com respeito à biodiversidade? A filosofia da bioética, da biotecnologia e da ecologia torna-se cada vez mais crucial nesse debate. Mais do que uma simples inovação tecnológica, trata-se de uma transformação interdisciplinar que exige diálogo constante entre ciência, sociedade e natureza, regulação responsável e visão holística que considere a vida não como mero recurso, mas como patrimônio compartilhado de todos.



O controle biológico constitui um elemento essencial dos programas de manejo integrado de pragas, ganhando crescente relevância diante dos desafios contemporâneos na proteção vegetal. As mudanças climáticas, o surgimento de espécies invasoras, o desenvolvimento de resistência a pesticidas, a restrição ao uso de ingredientes ativos e a demanda por produção sustentável de alimentos e fibras reforçam a importância dessa abordagem. Compatível tanto com a agricultura orgânica quanto com sistemas inovadores como a biovigilância, o controle biológico posiciona-se como solução estratégica. Nesse contexto, o Canadá mantém sua liderança global, destacando-se em pesquisa, desenvolvimento de políticas e implementação de programas nessa área (Vankosky; Martel, 2024).

Reconhecido internacionalmente por seus programas robustos e cientificamente embasados, o Canadá adota uma abordagem estratégica que integra inovação tecnológica, marco regulatório rigoroso (Mason *et al.*, 2024) e colaboração entre governo, academia e iniciativa privada. Seus diferenciais incluem: 1. As iniciativas canadenses fundamentam-se em pesquisas que articulam entomologia, ecologia, genética, bioinformática, climatologia, agronomia, engenharia florestal e inteligência artificial, permitindo compreensão aprofundada das interações ecológicas entre pragas e seus inimigos naturais em diversos ecossistemas; 2. O país implementa protocolos preventivos exigindo estudos abrangentes antes da liberação de agentes biológicos, com avaliação de potenciais impactos so-



bre espécies não-alvo e ecossistemas naturais, garantindo segurança ambiental em todas as aplicações.

Há forte incentivo à colaboração entre instituições de pesquisa e empresas agrícolas, o que acelera o desenvolvimento e a adoção de soluções de controle biológico em campo. Essas parcerias fortalecem a cadeia de inovação e comercialização. Existe maior ênfase no controle biológico conservativo e também há proteção e estímulo de populações naturais de inimigos naturais, através de manejo do ambiente e de práticas sustentáveis.

O emprego de marcadores genéticos e ferramentas de análise de DNA está transformando a identificação de agentes biológicos, possibilitando: (1) monitoramento preciso de populações liberadas, (2) distinção entre espécies morfologicamente semelhantes, e (3) avaliação da eficácia do controle biológico em diversos ecossistemas. Esses avanços proporcionam um novo patamar de precisão no manejo integrado de pragas.

O Canadá destaca-se na integração de tecnologias digitais ao controle biológico, com: unmanned aerial vehicle (UAV) ou unmanned aircraft system (UAS) (Jean, Martel, 2023), veículo aéreo não tripulado (VANT) ou sistema de aeronave não tripulado (VANT), comumente conhecido como drone e sensores para monitoramento em tempo real de pragas e seus inimigos naturais; plataformas preditivas com algoritmos de alerta precoce; redes de armadilhas inteligentes conectadas a plataformas cloud computing.



Essas soluções tecnológicas estão sendo desenvolvidas em parceria entre instituições de pesquisa e setor privado. Centros de excelência como o Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) lideram a produção industrial de: *Trichogramma* spp. (parasitoides de ovos de lepidópteros) e *Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) (controle biológico de pulgões), *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) (predador eficaz contra tripes). Esses organismos são produzidos com rigoroso controle de qualidade para aplicação em diversos sistemas agrícolas.

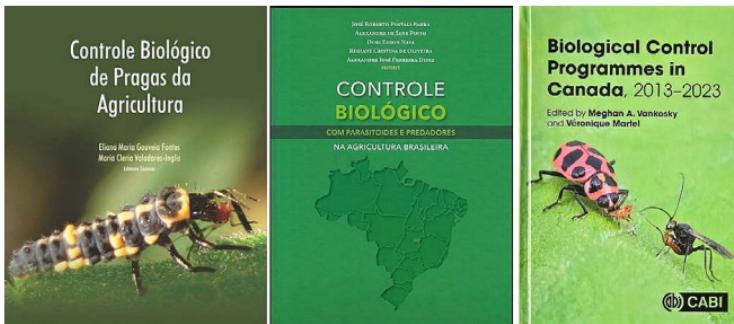
Programas de controle biológico demonstram especial eficácia em cultivos protegidos (tomate, pimentão, pepino e cannabis medicinal), particularmente em sistemas orgânicos e de agricultura urbana. Nesses ambientes, onde o uso de pesticidas é restrito, os agentes biológicos oferecem uma solução sustentável e altamente eficiente.

## MANEJO FLORESTAL COM AGENTES BIOLÓGICOS

Nas florestas boreais e nos plantios de coníferas, o controle biológico aplicado tem sido fundamental para regular populações da lagarta-do-broto, *Choristoneura fumiferana* (Clemens, 1865) (Lepidoptera:Tortricidae). O uso de *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (Bacillales: Bacillaceae) (Fuentealba *et al.*, 2023) exemplifica a aplicação bem-sucedida de bioinsumos em ecossistemas florestais complexos, mantendo o equilíbrio ecológico. No Canadá, pesquisas conduzidas pelo Natural Re-



sources Canada (NRCan) e pelas universidades locais têm investigado a contribuição de *Telenomus Haliday*, 1833, como inimigo natural de *Lambdina fiscellaria* (Guenée, 1857) (Hemlock Looper). Estudos indicam que, em condições favoráveis, espécies desse gênero de parasitoide podem alcançar taxas de parasitismo de 63-80%, contribuindo para a supressão de surtos de *L. fiscellaria* (Hebert *et al.*, 2001).



**Figura 03.** Principais bibliografias sobre controle biológico no Brasil e Canadá

O controle biológico de insetos no Canadá e no Brasil tem pontos em comum, mas também diferenças importantes devido ao contexto climático, agrícola, regulatório e científico (Figura 03). Abaixo, organizo as semelhanças e as diferenças de forma clara:

#### Pontos em Comum (Brasil & Canadá)

Aspecto	Descrição
<b>Interesse crescente por sustentabilidade</b>	Ambos países buscam reduzir o uso de pesticidas e promover práticas sustentáveis.
<b>Uso de parasitoídes e predadores</b>	Ex: <i>Trichogramma</i> spp., <i>Chrysoperla</i> spp. <i>Telenomus</i> spp utilizados em culturas específicas.



<b>Apoio científico-acadêmico</b>	Universidades e centros de pesquisa colaboram ativamente com o setor produtivo.
<b>Desenvolvimento de biofábricas</b>	Estruturas para a produção em larga escala de agentes biológicos estão em expansão.
<b>Integração com o MIP</b>	O controle biológico é usado dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), ajustando-se à realidade local.
<b>Participação privada</b>	Empresas atuam na produção, na validação e na comercialização de bioinsumos.

### Principais Diferenças

Tema	Brasil	Canadá
<b>Clima e biodiversidade</b>	Tropical/subtropical → alta diversidade de pragas e inimigos naturais.	Temperado/frio → ciclos de vida mais lentos, menor biodiversidade de pragas.
<b>Culturas foco</b>	Soja, cana-de-açúcar, milho, algodão, florestas plantadas (eucalipto), pastagens.	Maçã, canola, vegetais, grãos temperados, florestas nativas e comerciais (coníferas).
<b>Maturidade regulatória</b>	Mais flexível, com avanços rápidos na aprovação de bioinsumos (ex: Lei dos bioinsumos).	Rigoroso e conservador; forte regulação por parte da Canadian Food Inspection Agency (CFIA).
<b>Tecnologia aplicada</b>	Ênfase na produção massiva e distribuição regional; iniciativas de automação estão surgindo.	Forte investimento em automação, monitoramento digital, modelagem climática e IA aplicada.



<b>Infraestrutura científica</b>	Diversas universidades atuantes (UFGD, ESALQ, EMBRAPA, UFV, UNESP etc.) com ênfase prática.	Centros integrados de pesquisa com abordagem interdisciplinar (entomologia + engenharia + IA).
<b>Iniciativas públicas</b>	Programas nacionais (Pla Nacional de Bioinsumos, Lei de Bioinsumos (Lei 15.070/2024)).	Programas provinciais, com foco regional e ênfase em biodiversidade nativa e polinizadores.

No Canadá, existem programas de liberação clássica (importação e introdução de inimigos naturais exóticos). A modelagem climática é uma prática comum para prever surtos de pragas e liberação ideal de agentes. Trabalhos são focados na ecologia aplicada e impactos de longo prazo em ecossistemas nativos.

Por outro lado, no Brasil, o volume de produção de bioinsumos comerciais é maior e crescente, percebe-se uma participação ativa de agricultores e cooperativas em estados como Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná. Há forte articulação entre pesquisa acadêmica e uso em larga escala, principalmente em florestas plantadas e grãos.

Em todo o mundo, fatores que envolvem a saúde de humanos, animais, plantas e ambiente em geral estão interligados e são interdependentes (Schaffner *et al.*, 2024). Diversas evidências nos permitem afirmar que o controle biológico gera resultados desejáveis em todas as dimensões da saúde global, mitigando problemas como contaminação química do solo, da água e do ar, resistência de artrópodes, patógenos e



plantas a pesticidas, perda de biodiversidade e destruição de habitat.

Por fim, uma visão sistêmica dos ambientes naturais, urbanos e agrícolas, considerando as situações em nível local, regional e global, de maneira contínua e flexível, envolvendo produtores agropecuários, silvicultores, comunidade, políticos, empresários, técnicos, biólogos, biotecnólogos, engenheiros agrônomos, engenheiros florestais, economistas, cientistas, conservacionistas, e demais profissionais, com base em conhecimentos tradicionais, técnicos e científicos das diversas áreas, é urgente para a busca e para a implementação de soluções sustentáveis para a conservação dos recursos naturais, para a produção de alimentos e para a continuidade da existência de vida na Terra.

## REFERÊNCIAS

FUENTEALBA, A.; PELLETIER-BEAULIEU, E.; DUPONT, A.; HÉBERT, C.; BERTHIAUME, R.; BAUCE, E. Optimizing *Bacillus thuringiensis* (Btk) aerial spray prescriptions in mixed balsam fir-white spruce stands against the eastern spruce budworm. **Forests**, v. 14, n. 7, p. 1289, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/f14071289>.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11-32, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.



GOVERNMENT OF CANADA. **Canada's bioeconomy strategy:** leveraging our strengths for a sustainable future. Ottawa: Natural Resources Canada, 2019. Disponível em: [https://cdn.prod.website-files.com/60ccb5b3bd077c10c67edcec/60ccb5b3bd077cafa27edfa8\\_FPAC-Canadas-First-National-Bioeconomy-Strategy-2019-compressed.pdf](https://cdn.prod.website-files.com/60ccb5b3bd077c10c67edcec/60ccb5b3bd077cafa27edfa8_FPAC-Canadas-First-National-Bioeconomy-Strategy-2019-compressed.pdf). Acesso em: 16 jun. 2025.

HÉBERT, C.; BERTHIAUME, R.; DUPONT, A.; AUGER, M. Population collapses in a forecasted outbreak of *Lambdina fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae) caused by spring egg parasitism by *Telenomus spp.* (Hymenoptera: Scelionidae). **Environmental Entomology**, v. 30, n. 1, p. 37-43, Feb. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.1.37>.

JEAN, F.; MARTEL, V. The use of UAS in biological control in Canada. In: VANKOSKY, M. A.; MARTEL, V. **Biological control programmes in Canada**, 2013-2023. Wallingford: CABI, 2024. p. 24-39. DOI: [10.1079/9781800623279.0000](https://doi.org/10.1079/9781800623279.0000).

KOPPERT CANADA. **Koppert Canada.** [S. l.]: Koppert Canada, [20--]. Disponível em: <https://www.koppert.ca/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

MASON, P.G.; DE CLERCK-FLOATE, CATTON, H.A.; GALLANT, B. Regulation of biological control organism in Canda. In: VANKOSKY, M. A.; MARTEL, V. **Biological control programmes in Canada**, 2013-2023. Wallingford: CABI, 2024. p. 12-23. DOI: [10.1079/9781800623279.0000](https://doi.org/10.1079/9781800623279.0000).

SCHAFFNER, U.; HEIMPEL, G. E.; MILLS, N. J.; MURIITHI, B. W.; THOMAS, M. D.; YUBAK, D. G. C.; WYCKHUYS, K. A. G. Biological control for one health. **Science of the Total Environment**



ment, v. 951, p. 175800, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175800>.

VANKOSKY, M. A.; MARTEL, V. **Biological control programmes in Canada**, 2013-2023. Wallingford: CABI, 2024. DOI: 10.1079/9781800623279.0000.



Faça Controle/Manejo Biológico

A natureza Agradece !

Fabricio Fagundes Pereira

**UFGD** 20  
ANOS

**UFGD** editora

ISBN 978-858147217-1



9 788581 472171