

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

PARASITISMO NATURAL, PRODUÇÃO E LIBERAÇÃO DE
PARASITOIDES PARA O CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS
DESFOLHADORES DE EUCALIPTO

Jéssica Terilli Lucchetta

Dourados - MS

Março – 2022

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

Jéssica Terilli Lucchetta

**PARASITISMO NATURAL, PRODUÇÃO E LIBERAÇÃO DE
PARASITOIDES PARA O CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS
DESFOLHADORES DE EUCALIPTO**

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

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira

Dourados-MS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L934p	<p>Lucchetta, Jéssica Terilli. Parasitismo natural, produção e liberação de parasitoides para o controle de lepidópteros desfolhadores de eucalipto. / Jéssica Terilli Lucchetta. – Dourados, MS : UFGD, 2022.</p> <p>Orientadora: Fabricio Fagundes Pereira. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Controle biológico. 2. Eulophidae. 3. Desempenho reprodutivo. 4. Multiplicação massal. I. Título.</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

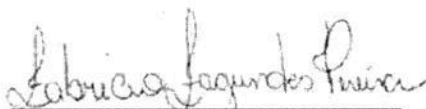
©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

“PARASITISMO NATURAL, PRODUÇÃO E LIBERAÇÃO DE PARASITÓIDES PARA O
CONTROLE BIOLÓGICO DE LEPIDÓPTEROS DESFOLHADORES DE EUCALIPTO”.

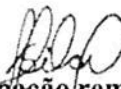
Por

JÉSSICA TERILLI LUCCHETTA

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



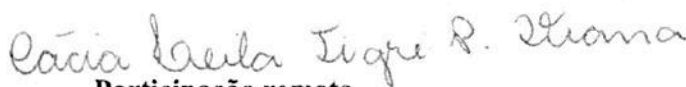
Dr. Fabricio Fagundes Pereira
Orientador/Presidente – UFGD



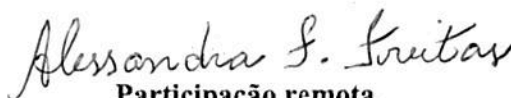
Participação remota
Dr.ª Ivana Fernandes da Silva



Participação remota
Dr.ª Winnie Cezario Fernandes



Participação remota
Dr.ª Cácia Leila Tigre Pereira Viana



Participação remota
Dr.ª Alessandra Fequetia Freitas



Participação remota
Dr. Carlos Reinier Garcia Cardoso

Tese aprovada em: 31 de março de 2022.

BIOGRAFIA

JÉSSICA TERILLI LUCCHETTA, filha de Ermínio Lucchetta e Maria Cívita Terilli Lucchetta, nascida em Marília - SP, no dia 22 de março de 1988, e criada em Pedrinhas Paulista – SP, um pedacinho da Itália no Brasil.

Durante os anos iniciais e pré-escola, frequentou a escola Favo de Mel, em Pedrinhas Paulista – SP. Coursou o Ensino Fundamental nas escolas, Estadual Professor Dr. Antônio de Benedictis e Municipal Clóvis Mânfio, em Pedrinhas Paulista-SP, concluindo até a 6º série, em 1999. Após esse período, mudou-se para Dourados-MS, onde cursou 7º e 8º série na escola estadual Armando da Silva Carmelo e concluiu o ensino médio na Escola Presidente Vargas, Dourados-MS.

Em 2009, iniciou a vida acadêmica na UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados, ingressando no curso de Ciências Biológicas, sendo bolsista de iniciação científica (PIBIC) com trabalho intitulado: "Antibiose de *Annona coriacea* sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e seu efeito sobre o parasitoide *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae)". Integrante do grupo de pesquisa do Laboratório de Controle Biológico de Insetos desde 2011, onde trabalhou com inimigos naturais e inseticidas botânicos. Recebeu o título de Bióloga/Bacharelado em 2013.

Em 2014, ingressou como estudante de mestrado no Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, como bolsista CAPES. Com a Dissertação intitulada: "Parasitismo e desenvolvimento de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)". Recebeu o título de mestre em 2016.

Em 2018, iniciou o Curso de Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), com Tese intitulada "Parasitismo natural, produção e liberação de parasitoides para o controle biológico de lepidópteros desfolhadores de eucalipto", submetendo-se a defesa em 31 de março de 2022.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me capacitar, guiar e permitir chegar até aqui, por me sustentar ao longo de toda essa jornada, gratidão por mais essa conquista em minha vida!

À Universidade Federal da Grande Dourados, pelas instalações e toda infraestrutura cedida para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de realização dos cursos de Mestrado e Doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que tornou possível a realização deste curso.

Ao Secretário do Programa Vítor Cunha Gomes Sfeir pela disponibilidade, paciência, dedicação e todo suporte durante todo período de curso.

Em especial, ao Professor Dr. Fabricio Fagundes Pereira, que me orientou desde a iniciação científica, TCC, mestrado e agora no doutorado. Gratidão por toda paciência, compreensão, companheirismo, dedicação, conversas, incentivo, conselhos, conhecimento e experiência compartilhada. Obrigada por não desistir de mim quando eu desanimei, com tantos imprevistos, gratidão infinita por toda essa longa jornada de mais de 10 anos de trabalho no grupo Lecobiol. É uma grande honra fazer parte dessa família e, espero continuar nesse grupo pelos anos à frente!

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pelos ensinamentos transmitidos.

A turma do LECOBIOL, pelo trabalho em equipe, companheirismo, conversas e amizades. Obrigada a todos que colaboraram para a realização deste trabalho: Lucas, Débora, Elison, William, Júlio, Eduardo Faca, Alessandra, Augusto, Alex, Marcelo, Mariana, Fernando, Valéria e Vitor.

À Isabella Palombo, estudante de iniciação científica, amiga, que esteve ao meu lado, me dando forças sempre, auxiliando nos experimentos, criações e execução do quarto experimento.

À Franciele Melo da Silva, estudante de graduação em Biotecnologia, obrigada pelo auxílio nas criações e experimentos, pelos bons momentos no Lecobiol.

À Amanda Araújo de Souza, estudante de iniciação científica, que me auxiliou na criação dos parasitoides e execução do quarto experimento.

Ao Alberto, companheiro de laboratório, que me auxiliou com muita dedicação e paciência, no capítulo 3 desta tese, com os custos de produção, criações e execução do experimento.

Ao Dr. Carlos Reinier Garcia Cardoso, companheiro de laboratório, amigo, que sempre me auxiliou e puxou minha orelha quando necessário, conselhos, amizade, aprendizados, risos, choros e sempre me impulsionado em frente para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao Me. Helder Carlos Pereira, querido amigo, me ajudando sempre com suas doces palavras. Gratidão grande amigo por fazer parte dessa caminhada, o convívio com você foi de valor inestimável. Muitos cafezinhos deliciosos você fez para nós, sempre me ajudando nos trabalhos e na vida pessoal, gratidão pelos conselhos valiosos e por não me deixar desistir. Obrigada por cada oração feita por você, para mim e minha família.

À doce Juliana Pereira, pelos conselhos, risadas, companheira de viagens e experimentos de campo.

À querida Dra. Winnie Cezario Fernandes, que mesmo na distância, me auxiliou na escrita desta tese, obrigada pela amizade e carinho.

A Reflore – Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas, por acreditar e apoiar financeiramente nossa pesquisa de laboratório e de campo.

Aos professores Dr. Marcelo Teixeira Tavares e Dr. Carlos Frederico Wilcken, os responsáveis pela identificação das espécies dos insetos coletados e utilizados nos experimentos.

Aos meus nonnos Pasquale Terilli & Maria Franco Terilli, e Marcello Lucchetta & Pia Migotto Lucchetta, pelo incondicional em TUDO eu precisei durante toda minha jornada de estudo e de vida, se hoje eu consegui concluir esse Doutorado, foi graças a vocês, obrigada por pensarem no meu futuro, vocês são meu maior tesouro, meus exemplos de determinação, esperança, garra, vitória e fé. AMO VOCÊS!

Ao Rogério Cesar Batista, que sempre me apoiou nos estudos. Esteve ao meu lado me auxiliando nos momentos de alegria e de dor, que foi capaz de suportar todos os meus momentos de crises durante o processo, com amor, carinho e dedicação.

Aos meus filhos amados, Gabi e Rogerinho, pelo incentivo e apoio, por entenderem que a mamãe tinha que estudar, por todo carinho, sorrisos que curavam minhas dores e preocupações. AMO VOCÊS MAIS QUE TUDO NA VIDA!

À minha mãe amada, Maria Cívita Terilli Lucchetta, cujo empenho em me educar sempre veio em primeiro lugar, aqui estão os resultados dos seus esforços. GRATIDÃO por estar sempre segurando minha mão, por cuidar e amar os meus filhos, pelos conselhos, orações, aconchego e carinho. Sem você, minha rainha, eu não teria conseguido! TE AMO!

Meu amado pai Ermínio Lucchetta, cujo empenho em me educar sempre veio em primeiro lugar, aqui estão os resultados dos seus esforços. Obrigada pelo apoio, incentivo, amor incondicional. Por ter me ensinado a estudar, mesmo que fisicamente distante, sempre do lado de dentro, obrigada pelos conselhos valiosos e muito amor. TE AMO!

Ao meu amado irmão, Nícolas Terilli Lucchetta, pelo imenso amor, incentivo, carinho, conselhos, paciência, cooperação, apoio com meus filhos e as vezes até financeiro. TE AMO!

Minha irmã Pietra Lucchetta, pelo incentivo, pelo amor e carinho, TE AMO! A Célia Cristina Romão, pelo incentivo e apoio.

À minha tia Vergínea Lucchetta Di Nallo e tio Gino, pelo amor e carinho comigo, por me aconselharem, ouvir e me incentivarem sempre. Gratidão por cada palavra de incentivo e força, sempre me impulsionando avanti, AMO VOCÊS! Em especial agradeço pelas correções das línguas inglesa e portuguesa.

Ao meu tio Raffaele Mário Terilli, pelo apoio e incentivo a dar sempre o meu melhor. TE AMO!

À grande amiga Dra. Alessandra Fequetia Freitas, amiga de todas as horas, sempre segurando minha mão, me empurrando adiante, obrigada por não ter me deixado desistir. Pelas conversas, cervejinhas, cafezinhos, passeios, incentivo, ajuda na pesquisa, por ser minha psicóloga, meu exemplo de mulher guerreira e vencedora. A vida é feita de momentos e os melhores são ao seu lado! A cada dia que passa amo e admiro mais você.

À minha querida “Colega” Neuza Maria Fequetia Freitas (In Memoriam), que nos deixou a pouco tempo, mas fez tanto por mim ao longo da sua vida, que jamais irei esquecer. Sempre me incentivou a estudar e fazer meu mestrado e meu doutorado, agradeço e ofereço a ela, com amor, carinho e muita saudade.

Às grandes amigas, Michele Teixeira, Rosenaide Araújo, Yoanni Lima Sutier, Dalva Damasceno de Jesus, e seus maridos, pela confiança e amizade, conversas animadoras e inestimável companhia. Pelo amor, carinho, apoio, pelo auxílio com meus filhos, quando eu estava muito estressada, que não foram poucas vezes. Gratidão infinita!

À minha vizinha e grande amiga Luzia, pelo apoio com as crianças, por ser calmária nos meus momentos de desesperos, por não me deixar desistir e boa companhia ao longo dessa jornada.

À querida amiga Jocimara e sua família pelos conselhos e boa companhia nos momentos bons, ruins, por ser calmária nos meus momentos de desesperos, pelas orações, pelo amor, carinho e incentivo.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa, que aceitaram o convite com muito carinho, Dra. Cácia Leila Tigre Pereira, Dra. Alessandra Fequetia Freitas, Dr. Carlos Reinier Garcia Cardoso, Dra. Winnie Cesário Fernandes, Dr. Marcos Gino Fernandes, Dra. Ivana Fernandes da Silva, Dr. Eduardo Neves Costa, pelas preciosas sugestões.

Por cada pessoa que passou pela minha vida durante essa trajetória de luta e hoje de Glória, aos que acompanham todos os desafios sempre com um abraço amigo, palavra acolhedora, um café, tereré ou um chopp, o meu mais profundo MUITO OBRIGADA!

*Faça o seu melhor, nas condições que você tem,
enquanto você não tem condições melhores de fazer
melhor ainda!*

“Mario Sérgio Cortella”



Imagem: <https://escolakids.uol.com.br/ciencias/metamorfose.htm>

Leva tempo, mas acontece!!!

DEDICO

Ao meu tesouro

NONNO MARCELLO LUCCHETTA (IN MEMORIAN),

maior exemplo de amor e um estupendo ser humano em todos os aspectos.

Você viveu em paz e morreu em paz, você me faz uma falta imensa, me criou, me apoiou, sempre esteve comigo, me dedicou muito amor, eu te carreguei para sempre em meu coração, meu amor, eu te amo!

Me ensinou valores que jamais serão esquecidos!

“Morrer é ser esquecido, enquanto alguém lembrar de você, derrubar uma lágrima de saudade, der risada por algo que você fez e foi engraçado, guardar e cheirar uma roupa que você deixou, enquanto alguém sentir saudade, lembrar com carinho de uma comida que você gostava....

você continua VIVO...

Morrer é ser esquecido, enquanto alguém estiver contigo na memória, no coração, na recordação, você continua vivo! Uma pessoa importante é aquela que fica nos outros, importante é alguém que é importada para o lado de dentro, o coração!”

(Adaptado de Cortella, M. S)

Ah, você me faz uma falta imensa nonno!

Foi importado para dentro de mim!

Te amo ao infinito e além!



SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUÇÃO GERAL.....	5
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
Aspectos biológicos, danos e controle de lagartas desfolhadoras do eucalipto	9
<i>Thyriniteina arnobia</i> (Lepidoptera: Geometridae).....	9
<i>Iridopsis panopla</i> (Lepidoptera: Geometridae).....	11
Parasitoides.....	13
<i>Tetrastichus howardi</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	14
<i>Trichospilus diatraeae</i> (Hymenoptera: Eulophidae).....	17
<i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae) 1993.....	19
Aspectos biológicos dos hospedeiros	20
<i>Diatraeae saccharalis</i> (Lepidoptera: Crambidae).....	20
<i>Anticarsia gemmatalis</i> (Lepidoptera: Erebidae).....	21
<i>Tenebrio molitor</i> (Coleoptera, Tenebrionidae).....	22
<i>Bombyx mori</i> (Linnæus) (Lepidoptera: Bombycidae).....	23
Produção de parasitoides eulofídeos em laboratório	24

Importância econômica e social para o Mato Grosso do Sul.....	26
Ciclo de <i>Thyriniteina arnobia</i> (Lepidoptera: Geometridae).....	28
Ciclo de <i>Iridopsis panopla</i> (Lepidoptera: Geometridae).....	28
Parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> em diferentes hospedeiros.....	30
Parasitismo de <i>Palmistichus elaeisis</i> em diferentes hospedeiros.....	31
Parasitismo de <i>Trichospilus diatraeae</i> em diferentes hospedeiros.....	32
Dimorfismo sexual de <i>Tetrastichus howardi</i>	33
Características taxonômicas de dimorfismo sexual que difere <i>Palmistichus elaeisis</i> fêmea do macho.....	33
Diferenças morfológicas de <i>Trichospilus diatraeae</i>	34
Dimorfismo sexual entre <i>Tetrastichus howardi</i> e <i>Palmistichus elaeisis</i>	35
Idade de <i>Tetrastichus howardi</i> , <i>Palmistichus elaeisis</i> e <i>Trichospilus diatraeae</i>	36
<i>Brachymeria annulata</i>	36
Controle biológico no Brasil.....	37
Etapas para o sucesso de um programa de controle biológico aplicado.....	37
OBJETIVO GERAL.....	38
HIPOTÊSES.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

Capítulo 1- Primeiro registro de <i>Brachymeria annulata</i> (Hymenoptera: Chalcidoidea) e <i>Trichospilus diatraeae</i> (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de <i>Iridopsis panopla</i> (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto no Mato Grosso do Sul, Brasil.....	56
Primeiro registro de <i>Brachymeria annulata</i> (Hymenoptera: Chalcidoidea) e <i>Trichospilus diatraeae</i> (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de <i>Iridopsis panopla</i> (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto no Mato Grosso do Sul, Brasil.....	57
RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	59
DESENVOLVIMENTO.....	60
Biologia de <i>Trichospilus diatraeae</i> em pupas de <i>Iridopsis panopla</i>	61
AGRADECIMENTOS.....	64
REFERÊNCIAS	65
Tabela 1.....	70
Figura 1.....	71
Figura 2.....	72
Capítulo 2- Performance biológica de <i>Palmistichus elaeisis</i>, <i>Tetrastichus howardi</i> e <i>Trichospilus diatraeae</i> em diferentes hospedeiros.....	73
RESUMO.....	74
ABSTRACT.....	75
INTRODUÇÃO.....	76

MATERIAL E MÉTODOS.....	78
Criação dos hospedeiros.....	79
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	79
<i>Diatraea saccharalis</i>	80
<i>Tenebrio molitor</i>	81
Criação dos parasitoides.....	82
<i>Tetrastichus howardi</i>	82
<i>Trichospilus diatraeae</i>	82
<i>Palmistichu elaeisis</i>	82
DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL.....	83
RESULTADOS.....	86
DISCUSSÃO.....	87
CONCLUSÃO.....	89
REFERÊNCIAS.....	90
Tabela 1.....	94
Tabela 2.....	95
Tabela 3.....	96
Capítulo 3- Custo de produção de <i>Palmistichus elaeisis</i>, <i>Tetrastichus howardi</i> e <i>Trichospilus diatraeae</i> em diferentes hospedeiros.....	97
RESUMO.....	98
ABSTRACT.....	99
INTRODUÇÃO.....	100

MATERIAL E MÉTODOS.....	102
Multiplicação dos hospedeiros.....	102
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	102
<i>Diatraeae saccharalis</i>	104
<i>Tenebrio molitor</i>	105
<i>Bombyx mori</i>	106
Multiplicação dos parasitoides.....	107
<i>Tetrastichus howardi</i>	107
<i>Trichospilus diatraeae</i>	107
<i>Palmistichus elaeisis</i>	107
Orçamento e estimativa de custos de produção.....	108
Itens que foram utilizados nos cálculos.....	110
Mão de obra.....	110
Custos fixos.....	11
Tabela 1.....	110
Custos variáveis.....	111
Tabela 2.....	111
Tabela 3.....	112
Tabela 4.....	113
Tabela 5.....	114
Tabela 6.....	115
Tabela 7.....	116

Tabela 8.....	117
Cálculo da pupa.....	118
Valor da pupa hospedeira.....	118
Progênie dos parasitoides por hospedeiro.....	119
Cálculo dos custos do parasitoide.....	119
RESULTADOS.....	121
Tabela 1.....	121
Tabela 2.....	121
Tabela 3.....	122
Tabela 4.....	122
DISCUSSÃO.....	123
CONCLUSÕES.....	126
REFERÊNCIAS.....	127
Capítulo 4- Eficiência biológica de <i>Palmistichus elaeisis</i>, <i>Tetrastichus howardi</i> e <i>Trichospilus diatraeae</i> no controle da lagarta parda do eucalipto.	129
RESUMO.....	130
ABSTRACT.....	131
INTRODUÇÃO.....	132
OBJETIVO.....	133
MATERIAL E MÉTODOS.....	134
Etapa 1- Biologia comparada de eulofídeos em pupas de <i>Thyrintina arnobia</i>	134

Criação dos parasitoides	134
Figura 1.....	134
Criação do hospedeiro natural.....	135
Figura 2.....	135
Desenvolvimento experimental – Etapa 1.....	136
Figura 3.....	136
Etapa 2- Local, cultura, solo e adubação.....	137
Preparação do material para liberação em campo.....	138
Figura 4.....	138
Tamanho das parcelas e área do experimento.....	138
Amostragem e infestação.....	139
Figura 5.....	139
Situação X Controle.....	139
Liberação dos parasitoides.....	140
Figura 6.....	140
Croqui da liberação- figura 7.....	141
Tabela 1.....	141
Condições ambientais durante a liberação.....	141
Métodos de avaliação.....	142
Figura 8.....	142
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	143
Tabela 1.....	144
Tabela 2.....	145
Figura 9.....	148

Figura 10.....	148
CONCLUSÕES.....	149
REFERÊNCIAS.....	150
CONCLUSÕES GERAIS.....	152
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	154
ANEXOS.....	155

RESUMO GERAL

Tetrastichus howardi (Olliff, 1893), *Trichospilus diatraeae* (Cherian & Margabandhu, 1942) e *Palmistichus elaeisis* (Delvare & LaSalle, 1993) (Hymenoptera: Eulophidae) são endoparasitoides que possuem uma ampla gama de hospedeiros, com potencial para serem utilizados em programas de controle biológico de lagartas desfolhadoras do eucalipto. Diante do exposto, tendo em vista o potencial biológico dos parasitoides estudados, propõe-se com os trabalhos desta tese, registrar o parasitismo natural de *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) e *T. diatraeae* em pupas de *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto (Myrtaceae) no Mato Grosso do Sul. Selecionar qual melhor hospedeiro de criação, para cada espécie de parasitoide, entre *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*, no intuito de otimizar a técnica de criação desses parasitoides em larga escala, bem como levantar o custo de produção destes eulofídeos. Por fim, promover a liberação inoculativa de *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi*, visando diminuir a infestação de *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto. Para tanto, os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da UFGD e as liberações de parasitoides foram realizadas em plantios comerciais de eucalipto, de silvicultores associados a REFLORE-MS (Associação Sul-Mato-Grossense de produtores e consumidores de florestas plantadas), no Mato Grosso do Sul. No primeiro trabalho, registrou-se o parasitismo natural de pupas de *I. panopla*, em eucalipto no Mato Grosso do Sul. Pupas de *I. panopla* foram coletadas naturalmente em plantio comercial de *Eucalyptus grandis*, em Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, foram individualizadas, encaminhadas e mantidas em laboratório para averiguar possível emergência de parasitoides ou da mariposa. Após 18 dias, ocorreu a emergência de duas espécies de parasitoides, sendo eles: *B. annulata* e *T. diatraeae*, os quais foram avaliados seus aspectos biológicos em condições de laboratório, sendo este o primeiro registro para eucalipto no Brasil. No segundo trabalho, avaliou-se as características biológicas dos parasitoides, *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis*, nos hospedeiros *Diatraea saccharalis* (Fabricius 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), *Bombyx mori* Linnaeus 1758 (Lepidoptera: Bombycidae) e *Tenebrio molitor* (Linnaeus 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae), com a proposta de uma nova metodologia, no intuito de otimizar as criações em grande escala no laboratório. De maneira geral, especificamente com o método utilizado, pupas de *D. saccharalis* e de *A. gemmatalis* foram os melhores hospedeiros para a criação dos três parasitoides *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae*, com 100% de parasitismo e de emergência em todos. Considerando a metodologia proposta e as características biológicas avaliadas dos parasitoides, o hospedeiro *T. molitor* é o mais indicado para criação de *P. elaeisis*. No terceiro trabalho, determinou-se o custo de produção das pupas hospedeiras e dos parasitoides *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* quando criados em diferentes hospedeiros. Foi constatado que as pupas de *B. mori* e *T. molitor* foram os hospedeiros de menor custo, sendo adequados para otimizar criações de *P. elaeisis* e *T. howardi*, sem afetar a qualidade, por outro lado estes hospedeiros não devem ser utilizados para criações de *T. diatraeae*, exclusivamente com esta metodologia. Pupas de *A. gemmatalis* possuem um ótimo custo benefício, sendo adequadas para criar as três espécies de parasitoides, porém apresentou o custo ligeiramente mais elevado. Por fim, foi constatado que pupas de *D. saccharalis* foram as que tiveram o maior custo de produção, sendo estas adequadas para criação das três espécies de parasitoides. Finalmente foi avaliado a capacidade de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* reduzirem a população de *T. arnobia* em plantios de

eucalipto, o qual foi comprovado que, de maneira geral as três espécies de parasitoide tiveram bons resultados, os quais *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* parasitam e se desenvolvem em pupas de *T. arnobia*, sendo *T. diatraeae*, o parasitoide que apresentou as melhores características biológicas ao ser criado nesse lepidóptero desfolhador em condições de laboratório. Após 15 dias da liberação foi certificado que ocorreu parasitismo de 23,60; 18,00 e 25,10% por fêmeas de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*, respectivamente nos plantios de eucalipto. Após 30 dias da liberação houve um decréscimo da população de adultos desse lepidóptero e praticamente nulo após 45 dias da liberação, considerando a liberação na quantidade de 15.000 parasitoides de cada espécie separadamente por hectare. Os resultados inéditos obtidos nesta tese, servem de subsídios para programas de controle biológico aplicado de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, principalmente *I. panopla* e *T. arnobia*, utilizando como agente de manejo os parasitoides *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*. Além, de auxiliar as biofábricas visando otimizar a criação massal dos três principais parasitoides de lepidópteros desfolhadores do eucalipto.

Palavras-chave: Controle biológico, Eulophidae, desempenho reprodutivo; , *Eucalyptus*, técnicas de criação, custo de produção.

ABSTRACT

Tetrastichus howardi (Olliff, 1893), *Trichospilus diatraeae* (Cherian & Margabandhu, 1942) and *Palmistichus elaeisis* (Delvare & LaSalle, 1993) (Hymenoptera: Eulophidae) are endoparasitoids, with potential to be used in biological control programs for eucalyptus defoliating caterpillars. In view of the above, in view of the biological potential of the studied parasitoids, it is proposed with the works of this thesis, to record the natural parasitism of *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) and *T. diatraeae* in pupae of *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) in eucalyptus (Myrtaceae) in Mato Grosso do Sul. Select the best breeding host, for each species of parasitoid, among *P. elaeisis*, *T. howardi* and *T. diatraeae*, in order to optimize the technique of breeding these parasitoids on a large scale, as well as raising the cost of production of these eulophids. Finally, to promote the inoculative release of *P. elaeisis*, *T. diatraeae* and *T. howardi*, aiming to reduce the infestation of and *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) in eucalyptus. Therefore, the bioassays were carried out at the Laboratory of Biological Control of Insects (LECOBIOL) at UFGD and the parasitoid releases were carried out in commercial eucalyptus plantations, by foresters associated with REFLORE-MS (Associação Sul-Mato-Grossense of producers and consumers). of planted forests), in Mato Grosso do Sul. In the first work, we recorded the natural parasitism of pupae of *I. panopla*, in eucalyptus in Mato Grosso do Sul. Pupae of *I. panopla* were collected naturally in a commercial plantation of *Eucalyptus grandis*, in Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, were individualized, sent and kept in a laboratory to investigate possible emergence of parasitoids or the moth. After 18 days, two species of parasitoids emerged, namely: *B. annulata* and *T. diatraeae*, whose biological aspects were evaluated under laboratory conditions, which is the first record for eucalyptus in Brazil. In the second work, the biological characteristics of the parasitoids, *T. howardi*, *T. diatraeae* and *P. elaeisis*, were evaluated in the hosts *Diatraea saccharalis* (Fabricius 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), *Bombyx mori* Linnaeus 1758 (Lepidoptera: Bombycidae) and *Tenebrio molitor* (Linnaeus 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae), with the proposal of a new methodology, in order to optimize large-scale creations in the laboratory. In general, specifically with the method used, pupae of *D. saccharalis* and *A. gemmatalis* were the best hosts for rearing the three parasitoids *T. howardi*, *P. elaeisis* and *T. diatraeae*, with 100% parasitism and emergence. in all. Considering the proposed methodology and the evaluated biological characteristics of the parasitoids, the host *T. molitor* is the most suitable for breeding *P. elaeisis*. In the third work, the production cost of host pupae and *T. howardi*, *P. elaeisis* and *T. diatraeae* parasitoids when reared in different hosts was determined. It was found that the pupae of *B. mori* and *T. molitor* were the lowest cost hosts, being suitable for optimizing breeding of *P. elaeisis* and *T. howardi*, without affecting the quality, on the other hand, these hosts should not be used for breeding. of *T. diatraeae*, exclusively with this methodology. *A. gemmatalis* pupae have a great cost benefit, being adequate to create the three species of parasitoids, however, it presented a slightly higher cost. Finally, it was found that *D. saccharalis* pupae had the highest production cost, which were suitable for rearing the three species of parasitoids. Finally, the ability of *P. elaeisis*, *T. howardi* and *T. diatraeae* to reduce the population of *T. arnobia* in eucalyptus plantations was evaluated, which proved that, in general, the three species of parasitoid had good results, which *P. elaeisis*, *T. diatraeae* and *T. howardi* parasitize and develop in pupae of *T. arnobia*, with *T. diatraeae* being the parasitoid that presented the best biological characteristics when raised in this defoliator lepidopteran under laboratory conditions. After 15 days of release, it was certified that there was

parasitism of 23.60; 18.00 and 25.10% by females of *P. elaeisis*, *T. howardi* and *T. diatraeae*, respectively, in eucalyptus plantations. After 30 days of release, there was a decrease in the adult population of this lepidopteran and practically null after 45 days of release, considering the release in the amount of 15,000 parasitoids of each species separately per hectare. The unpublished results obtained in this thesis serve as subsidies for applied biological control programs of eucalyptus defoliating lepidopterans, mainly *I. panopla* and *T. arnobia*, using the parasitoids *P. elaeisis*, *T. howardi* and *T. diatraeae* as management agents. In addition, to assist biofactories in order to optimize the mass creation of the three main parasitoids of eucalyptus defoliating lepidopterans.

Keywords: Biological control, Eulophidae, reproductive performance; , Eucalyptus, breeding techniques, production cost.

INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda por produtos de base florestal tem impulsionado o mercado de florestas plantadas em todo o país, com destaque para o cultivo de eucalipto, que ocupa mais de 70% dessas áreas, segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2017), apresentando como uma alternativa para redução na exploração de espécies nativas (VECHI e MAGALHÃES JÚNIOR, 2018). O estado de Mato Grosso do Sul se destaca neste cenário como o terceiro maior produtor de eucalipto do país, ocupando 16% deste mercado (IBÁ, 2019).

Extensas áreas de produção agrícola e florestal representam grande disponibilidade de alimentos para insetos, o que favorece o crescimento exponencial de suas populações com algumas espécies atingindo o status de praga. Dentre os insetos-praga em plantios de eucalipto estão uma grande diversidade de lepidópteros desfolhadores (GARLET et al., 2016, MAFIA et al., 2018). Muitas espécies nativas desse grupo têm apresentado danos econômicos (OLIVEIRA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2016), com destaque para *Apatelodes sericea* Schaus, 1896 (Lepidoptera: Eupterotidae); *Eupseudosoma aberrans* Schaus, 1905; *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lepidoptera: Arctiidae); *Psorocampa denticulata* (Schaus, 1901) (Lepidoptera: Notodontidae); *Euselasia apisaon* Dalman, 1823 (Lepidoptera: Riodinidae); *Glena* spp., *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782); *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961; *Sabulodes caberata* Guenée, 1857 (Lepidoptera: Geometridae) e *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer, 1856) (Lepidoptera: Lymantriidae), principalmente, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Rio de Janeiro (ZANUNCIO, 1993) e nos últimos anos no Mato Grosso do Sul (IBÁ, 2019).

Lagartas de *T. arnobia* se alimentam das folhas do eucalipto, com redução média de 37,9 a 79,7% em função da idade, intensidade, duração do ataque e da variedade genética da planta, resultando em grandes perdas econômicas para o setor, sendo considerado o lepidóptero desfolhador mais importante para esta cultura (MATRANGOLO et al., 2010; REIS FILHO et al., 2011).

Iridopsis panopla Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) é outra espécie de lepidóptero desfolhador, que vem causando preocupação aos silvicultores, seus surtos são cada vez mais frequentes gerando sérios danos na produção de eucalipto no Mato Grosso do Sul (WILCKEN et al., 2021). De acordo com levantamentos realizados por diversos produtores de eucalipto, uma área de 181.174 hectares foi infestada por este lepidóptero devastador em 2021, com forte tendência de aumento devido as condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento e escassas são as informações sobre bioecologia e métodos de controle dessa espécie (WILCKEN et al., 2021).

Ao se tratar de manejo, os métodos de controle químico e biológico são os mais utilizados para reduzir os danos causados por lagartas desfolhadoras de eucalipto (PEREIRA et al., 2021). Dentro do controle biológico, destacam-se os parasitoides das ordens Hymenoptera e Diptera, que exercem o equilíbrio populacional das espécies de insetos herbívoros (HANSON e GAULD, 1995; VAN-DRIESCHE e BELLOWS, 1996). A família Eulophidae Westwood, 1829, é bastante diversificada, sendo formada por 297 gêneros e 4.472 espécies, distribuídas nas subfamílias: Entiinae, Eulophinae, Entedoninae, Tetrastichinae e Ophelminae (NOYES, 2003).

Na subfamília Tetrastichinae, destaca-se *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae), uma espécie de parasitoide que tem potencial para se desenvolver em pupas de lepidópteros, como *E. involuta* e *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae) (DELVARE e LASALLE, 1993), *Sabulodes* sp. (Geometridae) (BITTENCOURT e BERTI FILHO, 1999), *T. arnobia*, *T. leucoceraea* (PEREIRA et al., 2008b) e *Hylesia nanus* (Walker, 1855) (Hymenoptera: Saturniidae) (MASSON et al., 2017) consideradas pragas importantes do eucalipto.

Três espécies potenciais foram investigadas neste estudo, *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae*, espécies estas que possuem resultados comprovados de parasitismo em estudos de laboratório em condições naturais e alguns já foram avaliados em semi-campo. Tendo em vista estes resultados surge a demanda de analisar o real potencial destas espécies em campo propriamente dito e verificar se os resultados obtidos no campo serão promissores tanto quanto os resultados obtidos em laboratório.

Palmistichus elaeisis parasita pupas de *T. arnobia* em laboratório e condições naturais (PEREIRA et al., 2008), esta espécie assim como as outras (*T. howardi* e *T.*

diatraeae) já possuem uma metodologia de criação em pequena escala estabelecida em laboratório, porém, o potencial como agente de controle biológico merece ser estudado em campo, para isso estabelecer novas metodologias de criação em larga escala para as liberações em campo. Solturas de *P. elaeisis* para o controle de *T. arnobia* têm sido realizadas no MS e constatado um índice de parasitismo de 20% em pupas desse lepidóptero, o que evidencia sua eficiência para realizar a redução das populações desse inseto-praga em florestas plantadas (PEREIRA et al., 2021).

Trichospilus diatraeae Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) é outro parasitoide de pupa de lepidópteros, bastante estudado no Brasil, sendo encontrado pela primeira vez, em pupas de Arctiidae em Piracicaba, São Paulo (PARON e BERTI-FILHO, 2000) e em pupas de *T. arnobia*, em eucalipto no estado de Minas Gerais (PEREIRA et al., 2008). Seu potencial já foi comprovado em diferentes hospedeiros em laboratório e condições naturais no caso da *T. arnobia*.

Tetrastichus howardi (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) é a terceira espécie investigada nesta tese, este eulofídeo que foi relatado parasitando lagartas, pupas e até mesmo adultos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul (PEREIRA et al., 2015). Pupas de *T. arnobia* também já foram parasitadas por *Tetrastichus* sp., porém até a presente data não foi registrado a espécie (BERTI FILHO, 1974). Dessa forma, trabalhos devem ser conduzidos para avaliar a possibilidade de utilização desse eulofídeo para o controle biológico de lepidópteros desfolhadores, especialmente de *T. arnobia* em eucalipto.

O alto número de indivíduos de *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* emergidos por pupa de *T. arnobia*, demonstra o potencial biótico desses parasitoides em equilibrar as populações de *T. arnobia*. A biologia, bem como as técnicas de criação em pequena escala desses parasitoides já são conhecidas e bem estabelecidas (PEREIRA et al., 2021). Por isto, a eficiência desses agentes de controle biológico para lepidópteros desfolhadores merece ser estudada em semi-campo e campo. Existem algumas etapas que são fundamentais para que se obtenha um programa de controle biológico aplicado de sucesso, como a identificação do inimigo natural, estudos de biologia das espécies em questão, determinação de metodologia de criação de cada espécie, estabelecimento de uma criação em pequena escala, estudos em semi-campo e campo, estabelecimento de uma criação em grande escala, custo de produção dos agentes biológicos e transferência da tecnologia ao produtor ou empresas (PARRA et al., 2021).

Por meio da investigação dos valores de todos os itens utilizados em uma criação, pode-se identificar e analisar os custos de produção desses agentes biológicos para controle de pragas do eucalipto, garantindo a eficiência da análise dos custos, aplicando métodos no laboratório para analisar toda a produção, com objetivo de formar o custo de cada atividade e posteriormente o custo do produto final.

Brachymeria annulata (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Chalcididae) é um endoparasitoide, que após completar o seu ciclo de vida, emerge um único descendente por pupa e por isso é considerado um parasitoide solitário (SANTOS et al., 2017). *B. annulata* tem capacidade de parasitar pré-pupas de alguns lepidópteros, como *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) e existem registros de *B. annulata* parasitando pupas de *Talides hispa* Evans, 1995 (Lepidoptera: Hesperiiidae) no Panamá (SANTOS et al., 2021) e pupas de *I. panopla* em eucalipto no Mato Grosso do Sul. No entanto, escassas são as informações sobre sua biologia, preferência hospedeira, capacidade de dispersão e índices de parasitismo no campo desse parasitoide pupal.

Diante do exposto, tendo em vista o potencial biológico dos parasitoides apresentados, propõe-se com os trabalhos desta tese, registrar o parasitismo natural de *B. annulata* e *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* em eucalipto (Myrtaceae) no Mato Grosso do Sul. Selecionar qual hospedeiro com melhores características biológicas, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) e *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), para criação dos parasitoides, *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*. No intuito de otimizar a técnica de criação desses parasitoides em larga escala, bem como levantar o custo de produção dos eulofídeos. Por fim, promover a liberação inoculativa de *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi*, visando diminuir a infestação de *T. arnobia* em eucalipto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aspectos bioecológicos, danos e controle de lagartas desfolhadoras do eucalipto

Thyrinteina arnobia (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae)

A fase larval de *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) apresenta coloração marrom e mimetizam os galhos das plantas, uma lagarta durante seu desenvolvimento tem potencial para consumir até 120 cm² de folhas de eucalipto (Figura 2). Essa espécie possui seis instares larvais, atingindo 5cm de comprimento em seu último estágio, que é o que causa maiores danos à cultura, ocasionando aumento da desfolha e som das fezes caindo no solo. *Thyrinteina arnobia* quando se aproxima da fase de pupação, constrói um casulo com fios de seda, que serve de proteção, fixados nas folhas do eucalipto. As pupas possuem aproximadamente 3cm, robustas e de coloração pardo escuro, com duração de 9 dias em média (ZANUNCIO et al., 2021).

As mariposas de *T. arnobia* possuem de 3,5 a 4,9 cm, são brancas, as fêmeas possuem duas listras escuras nas asas anteriores e antenas de formato filiformes com envergadura média de 48,6 mm e de cor preta. Os machos são menores que as fêmeas, possuem cor castanha variando a tonalidade nas asas anteriores, antenas pectinadas, possuem envergadura de 35 mm (ZANUNCIO et al., 2021). As fêmeas de *T. arnobia*, ao decorrer do dia permanecem sobre troncos e galhos de eucalipto, e no período noturno ocorre o acasalamento, período ideal em que surgem machos para a cópula. Através de amostragens utilizando armadilhas luminosas, em plantios de eucalipto nos períodos mais secos e frios do ano, observou-se um surto populacional desta praga em Minas Gerais (ZANUNCIO et al., 2006).

Os ovos recém-ovipositados de *T. arnobia* apresentam coloração verde-acinzentados e vão escurecendo com o passar dos dias, até ficarem pretos, quando próximo da eclosão. Uma mariposa tem capacidade de ovipositar 752 ovos em média, os quais são depositados ao redor dos galhos. O período de incubação dos ovos é dez dias, sendo sua viabilidade 94,70% (ZANUNCIO et al., 2021).

Com ampla distribuição no território brasileiro *T. arnobia* está distribuída pelos estados de Amapá, Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Além de ser registrada na Venezuela, Uruguai, Bolívia, Guiana Francesa, Guiana Inglesa, Colômbia,

Costa Rica, Panamá e Trinidad e Tobago (SANTOS et al., 2008). É considerada a principal praga da cultura do eucalipto no Brasil (ZANUNCIO et al., 2006), podendo causar desfolha completa em eucaliptoculturas, quando em situações críticas, quando ocorre altas populações desta praga (ZANUNCIO et al., 2021).

Lagartas de *T. arnobia* causam grandes perdas econômicas, por meio da destruição das folhas, sendo capazes de reduzir a produção por árvore, de 37,9% a 79,7%, essa variação por fatores como: a idade da planta, variedade genética, tempo de duração do ataque, entre outros fatores climáticos (MATRANGOLO et al., 2010; REIS FILHO et al., 2011). Surtos populacionais de *T. arnobia* são frequentes em plantios comerciais de eucalipto (PEREIRA et al., 2021). O ataque intenso de *T. arnobia* sobre árvores de eucalipto, tem como consequência perdas qualitativas nas propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira, causando redução na produção, reduzindo a espessura da parede celular, entre outros aspectos que geram perdas econômicas (BOBADILHA et al., 2016).

Os métodos de controle mais utilizados em plantios comerciais de eucalipto, são os inseticidas denominados reguladores de crescimento e o biológico *Bacillus thuringiensis*, tendo com os produtos comerciais, principalmente Agree[®], Dipel[®] e Thuricide[®] (ZANUNCIO et al., 2014). Os reguladores de crescimento, os biológicos e os neonicotinoides são considerados mais seletivos quando comparados às demais classes dos químicos (PEREIRA et al., 2016).

O controle biológico tem como objetivo manter o equilíbrio das pragas a partir do uso de inimigos naturais, que podem ser insetos benéficos, predadores, parasitoides ou microrganismos como vírus, fungos e bactérias.

Bacillus thuringiensis é uma bactéria entomopatogênica, produtora de esporos, que ao serem consumidos pela lagarta de *T. arnobia* ocasiona a ruptura da parede do intestino, causando a morte larval (ZANUNCIO et al., 2021). Em 1990 muitos estudos foram realizados com *B. thuringiensis*, após a ocorrência de um surto de *T. arnobia* em mais de 300.000 ha de eucalipto. *Bacillus thuringiensis* tem sido utilizado em cultivos de eucalipto, no controle de lagartas desfolhadoras entre o primeiro e o terceiro estágio, principalmente *T. arnobia*, com aplicações realizadas ao entardecer (ZANUNCIO et al., 2014).

Parasitoides da família Eulophidae são relatados em condições naturais parasitando pupas de lepidópteros desfolhadores no Brasil (PEREIRA et al., 2008). *Palmistichus elaeisis* é um endoparasitoide que foi registrado parasitando pupas de *T. arnobia* em Minas Gerais (PEREIRA et al., 2008). Liberações de *P. elaeisis* para o controle de *T. arnobia* têm sido realizadas em Mato Grosso do Sul e demonstrados índices de parasitismo acima de 20% neste lepidóptero, evidenciando sua eficiência para realizar a redução das populações desse inseto-praga, logo *P. elaeisis* pode ser eficiente para o controle biológico de *T. arnobia* em cultivos de eucalipto no Brasil. (PEREIRA et al., 2021).

Trichospilus diatraeae (Cherian & Margabandhu, 1942) (Hymenoptera: Eulophidae), outro parasitoide da mesma família, também já foi registrado em pupas de *T. arnobia*, em laboratório (ZACHÉ et al., 2011) e condições naturais (PEREIRA et al., 2008).

Outra alternativa eficiente é o uso de insetos predadores do gênero *Podisus* como agente de controle biológico de *T. arnobia* (TAVARES et al., 2009). Esses insetos são de fácil manuseio e estão sendo criados em larga escala e liberados em áreas de grandes surtos de lepidópteros desfolhadores de eucalipto (ZANUNCIO et al., 2021).

Trichogramma bruni Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é um endoparasitoide de ovos amplamente distribuído em povoamentos florestais (QUERINO e ZUCHI, 2012; SOARES et al., 2007) e escassas são as informações sobre sua biologia, preferência hospedeira, capacidade de dispersão e índices de parasitismo no campo sobre lepidópteros desfolhadores de eucalipto.

Aspectos biológicos, danos e controle de *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae)

O gênero *Iridopsis* está distribuído pelo continente americano, na qual existem aproximadamente 93 espécies descritas, pertencente à tribo Boarmiini (Ennominae). Sua identificação se dá com base em características morfológicas da genitália do macho, com valva fortemente dividida em dois lobos, onde uma mancha nas asas anteriores também pode ser utilizada como característica diagnóstica, porém não é presente em todas as espécies (PITKIN, 2002).

Representantes de *Iridopsis* foram registrados pela primeira vez no Chile, através da descrição de duas novas espécies que foram coletadas no norte do País, sendo elas *Iridopsis hausmanni* Vargas, 2007 e *Iridopsis parrai* Vargas, 2007 (Lepidoptera: Geometridae). A espécie *I. hausmanni* é reconhecida pela presença de quatro estruturas alongadas, em formato de V, localizadas na genitália do macho, apresenta em sua asa anterior, uma mancha branca na parte ventral, com escamas de coloração cinza na margem interna da asa (VARGAS, 2007). Enquanto que a *Iridopsis parrai* possui semelhança a *I. hausmanni* porém com estruturas bem diferenciadas no dorso das asas e não possui a mancha branca na parte ventral da asa anterior. Apresenta uma estrutura cilíndrica na genitália do macho.

Iridopsis parrai, apresenta cinco instares larvais, os quais são identificados pelo tamanho da cápsula cefálica (VARGAS e PARRA, 2013). Através de sequenciamento genético foi identificada uma terceira espécie, a *Iridopsis socoromaensis* Vargas, 2021 (Lepidoptera: Geometridae) também no Chile (VARGAS, 2021).

A Região Neotropical possui o maior número de espécies de Geometridae do que qualquer outra região biogeográfica (BREHM et al., 2019). Enquanto nas regiões mais áridas dos Andes do sul, do Peru e norte do Chile, poucas espécies desta família são conhecidas (CERDEÑA et al., 2019; PALÁCIOS et al., 2020; VARGAS et al., 2020).

Em 2020 no Brasil surge um novo Lepidoptero desfolhador, provavelmente do gênero *Iridopsis* (Lepidoptera: Geometridae) e vem causando sérias preocupações aos silvicultores, dos estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo, devido a alta infestação e intensidade de desfolha em plantios comerciais de eucalipto (SANTOS et al., 2021)

As características da presença desse lepidóptero ocorrem por meio da raspagem e do consumo foliar da planta, podendo atingir um nível de 100% a desfolha da copa, dependendo da população e do manejo (FERREIRA et al., 2021). A diversidade do gênero *Iridopsis* é pouco conhecida, pupas de um Lepidóptero desconhecido, foram coletadas em plantios comerciais de eucalipto, nos municípios de Três Lagoas e Brasilândia, Mato Grosso do Sul e levadas para identificação. Através de métodos moleculares a espécie foi identificada como *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae), sendo este o primeiro registro no Brasil (SANTOS et al., 2021).

Tendo em vista os surtos de *I. panopla*, em grandes áreas de plantios comerciais de eucalipto, surge a necessidade de se realizar mais estudos, como o parasitismo natural, características biológicas e métodos de alternativos de controle.

Parasitoides

Os parasitoides são insetos pequenos (QUICKE, 2015), necessitam de outro inseto para sobreviver, pois as fases imaturas dos parasitoides se desenvolvem no interior dos insetos hospedeiros e eventualmente, acabam causando a morte do inseto (GODFRAY, 1994). Possuem alta capacidade de adaptação, pois exploram os mais variados recursos biológicos, podendo suas larvas alimentar-se de ovos, larvas, pupas ou adultos dos hospedeiros (MAYHEL, 2016).

Parasitoides são inimigos naturais das pragas, pois, conseguem regular as populações insetos que estão em nível de dano nas culturas e se destacam como o principal grupo em se tratando de sistemas agrícolas e florestais (PARRA, 2014). A maioria dos parasitoides pertence às ordens Hymenoptera e Diptera (QUICKE, 1997; GODFRAY, 1994).

Por um lado, estão os endoparasitoides, que são os parasitoides que se desenvolvem no interior do hospedeiro, por outro, estão os ectoparasitoides que se desenvolvem na parte exterior do corpo do hospedeiro. Os parasitoides idiobiontes matam o hospedeiro antes da emergência e se desenvolvem em cadáveres, já as larvas dos parasitoides cenobiontes matam o hospedeiro somente após terminar seu desenvolvimento.

Existe o parasitoide solitário, no qual emerge apenas um descendente por hospedeiro e o gregário do qual emergem múltiplos descendentes parasitoides. Os parasitoides primários são os que se desenvolvem exclusivamente em hospedeiros não parasitados, os hiperparasitoides, ou parasitoides secundários são os que parasitam outro parasitoide podendo ocorrer vários níveis de hiperparasitismo, parasitoides especialistas parasitam uma espécie específica de hospedeiro e os generalistas parasitam várias espécies de hospedeiros com potencial para o controle biológico (PARRA et al., 2021).

Dentro da ordem Hymenoptera, encontra-se a superfamília Chalcidoidea, que é bastante diversificada, formada por vespas e microvespas parasitoides que são de

enorme notoriedade econômica e ecológica, por sua alta capacidade de adaptação, e por estarem amplamente distribuídas nos habitats terrestres (PETERS et al., 2018).

Insetos da superfamília Chalcidoidea são conhecidos por sua diversidade morfológica e biológica (GIBSON et al., 1999). Com mais de 22.500 espécies descritas estima-se que mais de 500.000 espécies ainda não foram registradas e classificadas (NOYES, 2004; HERATY, 2017). O sucesso de vida de espécies desse grupo, ao longo da evolução se deu pelo seu modo de vida parasítico e pela sua elasticidade de parasitar vários hospedeiros, em diversas fases de seu desenvolvimento. Por isso são importantes e largamente utilizadas no controle biológico pragas (PEREIRA et al., 2021).

Eulophidae é considerada a maior família de Chalcidoidea com cerca de 5.000 espécies distribuídas por todo o mundo, com 297 gêneros e 4.472 espécies divididas em quatro subfamílias: Entedoninae, Euderinae, Eulophinae e Tetrastichinae (AGUIAR et al., 2013; FERNANDES et al., 2019). Grande parte das espécies de Eulophidae são parasitoides, que medem cerca de 0,5-2 mm aproximadamente, estão distribuídas em toda região tropical e temperada, podendo ser endo ou ectoparasitoides, idiobiontes ou cenobiontes, solitários ou gregários, parasitoides primários ou hiperparasitoides facultativos ou obrigatórios, especialistas ou generalistas, geralmente em estágios larvais de insetos holometábolos como lepidópteros, coleópteros, dípteros e himenópteros (PARRA et al., 2021).

***Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae)**

Pertence a Tetrastichinae, sua progênie desenvolve-se no interior de outros insetos ocasionando sua morte, podendo parasitar lagartas e pupas e esta peculiaridade demonstra o grande potencial desta espécie como inimigo natural de espécies de lepidópteros-pragas de várias culturas importantes (VARGAS et al., 2011).

Fêmeas de *T. howardi* além de polípagas, conseguem parasitar lagartas, pupas e adultos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) (VARGAS et al., 2011; PEREIRA et al., 2015) e lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (LUCCHETTA, 2016). *Tetrastichus howardi* possui uma habilidade de adentrar em galerias produzidas na cana de açúcar, em busca de seu hospedeiro, *D. saccharalis* (FELIX et al., 2005). Considerado um parasitoide gregário e generalista, seu desenvolvimento tem sido registrado em diversos lepidópteros, como

pupas de espécies de Crambidae (CRUZ et al., 2011; PEREIRA et al., 2015), Sphingidae (BARBOSA et al., 2015), Plutellidae (SILVA-TORRES et al., 2010). Diversos autores têm destacado seu potencial como agente de controle biológico (KFIR et al., 1993; MOORE e KFIR, 1995; LA SALLE e POLASZEK, 2007; SILVA-TORRES et al., 2010; CRUZ et al., 2011; VARGAS et al., 2011; PEREIRA et al., 2021).

Tetrastichus howardi de origem Asiática, é uma espécie amplamente distribuída no Norte da China e oeste do Paquistão (LA SALLE & POLASZEK, 2007), nas Filipinas (RAO, 1965) e Índia (CHERIAN & SUBRAMANIAM, 1940). *Tetrastichus howardi* foi descrito anteriormente como *Aprostocetus* (*Aprostocetus* Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae, Tetrastichinae), mas devido a presença de marcas características na sua morfologia foi reclassificado como *T. howardi* (LA SALLE, 1994).

Tetrastichus howardi foi utilizado no intuito de combater a broca *Chilo partellus* (Swinhoe, 1885) (Lepidoptera: Pyralidae), praga chave das culturas de milho e sorgo, que também prejudicam cultivos de arroz, trigo, cana-de-açúcar, milho e gramíneas (BAITHA et al., 2004) e, posteriormente utilizada no controle de *Busseola fusca* (Fuller, 1901) (Lepidoptera: Noctuidae), considerada o lepidóptero mais destrutivo em culturas de milho e sorgo na África (KFIR et al., 1993; MOORE e KFIR, 1995; KFIR, 2001; RAO et al., 2001; PESSOA et al., 2016).

Dentre o complexo de inimigos naturais das brocas da cana-de-açúcar *T. howardi* foi considerado o mais importante parasitoide, no sudeste do Vietnã juntamente com *Trichogramma chilonis* Ishii, 1941 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) que parasita a fase de ovo, *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) que é um parasitoide larval e o predador *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) (Dermaptera: Anisolabididae) (DUONG et al., 2011).

O parasitismo natural de *T. howardi* foi constatado em pupas de *Chilo auricilia* Dudgeon, 1905 (Lepidoptera: Crambidae), sendo considerada uma possibilidade de usar esse parasitoide para o controle desta praga, nos cultivos de cana de açúcar e arroz (LIAO et al., 2013). Em Dourados, no Mato Grosso do Sul foram coletadas pupas de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar e delas emergiram adultos de parasitoides que foram posteriormente identificados como *T. howardi* (VARGAS et al., 2011).

Tetrastichus howardi possui coloração escura com brilho metálico, mas algumas espécies podem apresentar colorações claras. Na superfície dorsal do inseto, na asa

anterior, na veia submarginal apresenta uma ou duas cerdas (LA SALLE e POLASZEK, 2007). As características diagnósticas dessa espécie é possuir quatro segmentos em todos os tarsos, antenas com sete a nove segmentos, em ambos os sexos com no máximo quatro segmentos de funículo; o gáster possui um pecíolo diferenciado para que haja um estreitamento entre o propódeo e o gáster. Em adição, o esporão geralmente apresenta-se reto e simples (NOYES, 2004).

Fêmeas de *T. howardi* ovipositam dentro do corpo do hospedeiro e podem colocar em média 30 ovos, através da inserção do ovipositor no hospedeiro, essa fase inicial dura em torno de 2 dias. Os ovos são do tipo “himenopteriforme”, de coloração branco-leitosa, 0,28 e 0,30 mm de comprimento e 0,08 mm de largura. As larvas passam por três instares, em seguida se transformam em pupas e depois emergem para fora do corpo do hospedeiro a progênie de adultos de *T. howardi* (GONZÁLEZ et al., 2003).

O tamanho das larvas, pupas e adultos podem variar dependendo do tamanho do hospedeiro e da competição entre o número de larvas que se desenvolvem nelas. A fase larval dura em média 6 dias. Nos primeiros instares larvais, a cor das larvas é esbranquiçada, e seu aparelho bucal é reduzido a duas mandíbulas opostas e arqueadas, com tamanho inicial de 0,8 mm, no segundo e terceiro instares se diferenciam apenas pelo tamanho da larva apresentando mandíbulas mais robustas e bem desenvolvidas e corpo ligeiramente curvado de cor creme. Os tamanhos variam de 1,2mm de comprimento a 2,9 mm, entre o segundo e terceiro instar (GONZÁLEZ et al., 2003).

Pupas de *T. howardi* são de coloração clara, ocorrendo o escurecimento com o tempo de desenvolvimento. Os olhos compostos e ocelos apresentam inicialmente a amarelo-claro ao laranja, tornam-se vermelho posteriormente pouco antes da emergência do inseto adulto. O período de desenvolvimento das pupas é de 8 a 9 dias. A emergência dos adultos ocorre após um período de 16 a 18 dias (ovo ao adulto), a 25 °C. O tamanho do corpo da fêmea varia de 1,6 a 2,2 mm, enquanto o macho mede de 1,3 a 1,8 mm (GONZÁLEZ et al., 2003).

O dimorfismo sexual de *T. howardi* é demonstrado por meio das antenas, em estrutura, distribuição e abundância de sensilas antenais. Fêmeas possuem antenas com flagelo contendo três segmentos cilíndricos funicular e uma clava cônica, mais longa que as masculinas, escapo e o pedicelo das antenas das fêmeas são amareladas a claras e o flagelo e clava apresentam coloração marrom escura a preta. Machos possuem um

segmento de funículo a mais do que as fêmeas, a antena masculina possui apenas a clava que possui pigmentação escura e os demais segmentos apresentam coloração castanho-amarelada clara (LA SALLE e POLASZEK, 2007; ZHENG et al., 2016).

A facilidade em diferenciar machos e fêmeas de *T. howardi* é uma vantagem para sua criação em laboratório, geralmente machos possuem o flagelo antenal branco com a clava preta, enquanto as fêmeas possuem todos os flagelos enegrecido (ÁLVAREZ et al., 2003). Outra característica que diferencia machos das fêmeas é a cor da coxa e fêmur nas pernas anteriores, as fêmeas apresentam a cor mogno e nos machos a coxa e fêmur são de coloração amarelo-clara (GONZÁLEZ, 2003).

***Trichospilus diatraeae* (Cherian & Margabandhu, 1942) (Hymenoptera: Eulophidae)**

Trichospilus diatraeae é outro eulofídeo considerado polífago, por parasitar variados hospedeiros, gregário e primário (PARON e BERTI FILHO, 2000). Foi descrito inicialmente na Índia com exemplares que emergiram de pupas de *Diatraea venosata* (Walker, 1863) (Lepidoptera: Crambidae). *Trichospilus diatraeae* foi relatado na África e na Índia parasitando pupas de lepidópteros de Pyralidae, Noctuidae e Crambidae como *Chilo sacchariphagus* (Bojer, 1856) e *Sesamia calamistis* (Hampson, 1910) (Lepidoptera: Noctuidae) (BOURNIER, 1975; BOUCEK, 1976). Essa espécie também foi encontrada parasitando pupas de *Diatraea lineolata* (Walker, 1856) (Lepidoptera: Crambidae), nos EUA (RODRIGUEZ-DE-BOSQUE, 1989).

Os primeiros relatos de parasitismo no Brasil foram em pupas de Arctiidae em Piracicaba, SP (PARON e BERTI FILHO, 2000) e foram em plantios de graviola, no estado de Goiás foi registrado o parasitismo por *T. diatraeae* em pupas de *Cerconota anonella* (Sepp, 1830) (Lepidoptera: Oecophoridae), (OLIVEIRA et al., 2001). Pupas de *T. arnobia* parasitadas por *T. diatraeae* foram coletadas no estado de Minas Gerais, em plantios de eucalipto, em 2008 (PEREIRA et al., 2008), e em Botucatu foram coletadas pupas de *Melanolophia consimilaria* (Walker, 1860) (Lepidoptera: Geometridae) parasitadas também por esse inimigo natural (ZACHÉ et al., 2010).

Trichospilus diatraeae apresenta uma alta capacidade reprodutiva, sendo que este já foi estudado em pupas de *D. saccharalis*, (CHICHERA et al., 2012), *T. arnobia* (PEREIRA et al., 2008), *Spodoptera cosmioides* Walker, 1858 (Lepidoptera: Noctuidae)

(ZACHÉ et al., 2012), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) (FÁVERO et al., 2013) *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) (TIAGO, 2019) tendo sua eficiência biológica comprovada.

Trichospilus diatraeae pode ser criado em laboratório, em hospedeiros alternativos de *T. molitor* e *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae) (FAVERO et al., 2013; CALADO et al., 2014) e em *D. saccharalis*, que é considerado seu hospedeiro natural (GRANCE, 2010). *T. diatraeae* se desenvolveu entre as temperaturas de 16 a 28°C e umidade relativa de 45 a 85% em pupas de *D. saccharalis* em condições de laboratório (RODRIGUES, 2010), sendo a sua densidade ideal de 14 a 21 fêmeas para sua multiplicação em pupas de *D. saccharalis*, quando considerado o parasitismo em campo, a densidade das fêmeas é de pelo menos 50 parasitoides por pupa (GRANCE, 2010).

Oxydia vesulia (Cramer, 1779) (Lepidoptera: Geometridae) e *Anacamptodes defectaria* (Guenée, 1857) (Lepidoptera: Geometridae) também já foram parasitadas por *T. diatraeae* em cultivos de abacate, na Flórida (GLENN et al., 2003), no Caribe, *T. diatraeae* parasitou a espécie *S. frugiperda* (ALAM, 1979) e na Jamaica, foi registrado *T. diatraeae* parasitando *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) (ALAM, 1990). *Trichospilus diatraeae* foi descrito por Cherian & Margabandhu em 1942, utilizando indivíduos de emergidos de pupas de *D. venosata* advindas do sul da Índia (CHERIAN e MARGABANDHU, 1942).

Ovos de *T. diatraeae* são minúsculos, são transparentes, lisos, alongados nas extremidades e possuem 0,2 mm de comprimento, o período de incubação é de 24 horas. A fase larval dura em média 8 dias, larvas recém emergidas há 2 dias de idade medem cerca de 0,35mm de comprimento, a pré-pupa tem em média 2,3 mm, pupas recém-formadas apresentam olhos vermelhos, as fases de pré pupa e de pupa duram de 9 a 10 dias. Os adultos de *T. diatraeae* são amarelos, os machos possuem as antenas inseridas na parte lateral da cabeça, enquanto que as fêmeas possuem a inserção das antenas na parte central, outra característica que os difere é o formato do abdome, que nas fêmeas é arredondado e nos machos o abdome é mais estreito (PARON, 1999).

Pensando no grande potencial de *T. diatraeae*, é de suma importância a otimização de suas técnicas de produção e liberação visando o controle de lepidópteros desfolhadores do eucalipto no Mato Grosso do Sul.

***Palmistichus elaeisis* Delvare & La Salle 1993 (Hymenoptera: Eulophidae)**

Palmistichus elaeisis se desenvolve, principalmente, em pupas de lepidópteros causando a mortalidade da espécie alvo. *Palmistichus elaeisis* parasitou pupas de *T. arnobia* e *T. leucoceraea*, as quais são consideradas importantes pragas da cultura do eucalipto (PEREIRA et al., 2008).

Palmistichus elaeisis parasitou de 85 a 100% das pupas de *B. mori* (PEREIRA et al., 2008); *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951, (PEREIRA, 2006); *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) (PEREIRA, 2008) *Dirphia moderata* Bouvier, 1919 (Lepidoptera: Saturniidae) (PEREIRA et al., 2008).

Palmistichus elaeisis também já foi registrado em pupas de *Halysidota pearsoni* Watson, 1980 (Lepidoptera: Arctiidae) que podem ser utilizados como hospedeiros alternativos para sua criação em laboratório (PEREIRA et al., 2008). *Palmistichus elaeisis* também é facilmente criado em laboratório no hospedeiro alternativo *T. molitor* (ZANUNCIO et al., 2008).

Existem algumas técnicas de criação de *P. elaeisis* que já foram desenvolvidas, como a densidade mais adequada, que é a de 45 fêmeas por pupa de *B. mori*, a qual é considerada ideal para a criação massal desse parasitoide; a idade das fêmeas de *P. elaeisis* devem ser de 72 a 96 horas e pupas de *B. mori* devem ter entre 48 a 72 horas de idade, para criações em laboratório, essas são as condições que devem ser utilizadas para se obter maior número de descendentes e menor variação e duração da fase imatura desse parasitoide (PEREIRA, 2006).

Pupas de *B. mori* podem ser mantidas a 10 °C, por cinco, 10 ou 15 dias, sendo este último período o mais indicado para a produção de *P. elaeisis* em larga escala, sem que haja interferência na qualidade das mesmas, pupas de *B. mori* e de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) são adequadas para a criação massal de *P. elaeisis* e podendo ser utilizadas como hospedeiros alternativos, em criações em laboratório desse parasitoide (PEREIRA et al., 2008).

Palmistichus elaeisis pode ser eficiente para o controle biológico de *T. arnobia*, em cultivos de eucalipto, existem algumas técnicas de criação em laboratório estão disponibilizadas, porém, seu potencial como agente de controle biológico merece ser estudado para uma criação em escala de produção em laboratório e liberação em campo. Liberações de *P. elaeisis* para o controle de *T. arnobia* têm sido realizadas e índices de parasitismo de pupas desse lepidóptero acima de 20% têm sido encontrados o que evidencia sua eficiência para realizar a redução das populações desse inseto-praga (PEREIRA et al., 2021).

Aspectos bioecológicos dos hospedeiros

***Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)**

Diatraea saccharalis é a principal praga da cana-de-açúcar, distribuída por diversos países, causando grandes estragos nessa cultura (BOTELHO et al., 1999; MACEDO e ARAÚJO, 2000). Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos sobre o controle biológico desse lepidóptero visando o controle dessa praga, algumas alternativas são por meio da utilização de parasitoides de ovos (MARTINS, 2021) e, parasitoides de larvas e pupas, no intuito de diminuir o uso dos inseticidas químicos em campo (PEREIRA, 2015; SILVA, 2020).

Diatraea saccharalis é uma espécie facilmente criada em laboratório, com dietas artificiais e metodologias bem estabelecidas, seu ciclo de vida total dura em média 60 dias, variando dependendo da temperatura e umidade do ambiente, possui desenvolvimento, passando pelas fases de ovo, lagarta, pupa e adulto (PARRA, 2001).

Existe uma alternativa muito bem estabelecida no Brasil de controle biológico para *D. saccharalis*, que é o parasitismo por *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae), o qual é considerado um dos maiores programas de controle biológico aplicado do mundo. As liberações de *C. flavipes* são realizadas pelo menos uma vez por ciclo da cultura da cana-de-açúcar, em áreas de 3,5 milhões de hectares em média, sendo necessário produzir em médias 21 bilhões de parasitoides para que se possa suprir essa demanda (PARRA, 2014).

Para que ocorra o controle biológico aplicado, por meio de liberações de *C. flavipes* para o controle de *D. saccharalis* na cana, é necessário seguir um rigoroso processo de produção dos parasitoides e dos hospedeiros em laboratório, através das metodologias de criações massais de insetos (BORTOLI et al., 2016). Vários trabalhos já foram desenvolvidos utilizando *D. saccharalis* como hospedeiro natural e alternativo de criação de várias espécies de parasitoides em laboratório (SILVA, 2020; BARBOSA et al., 2020; SANTOS, 2021; SILVA, 2021).

***Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae)**

A lagarta-da-soja *A. gemmatalis* é a principal praga da cultura da soja e foi a espécie mais frequente ao longo da safra 2019/2020, no estado do Paraná (CONTE et al., 2020). Possui desenvolvimento holometábolo, com as fases de ovo, lagarta, pupa e adulto. Seu ciclo total dura, em média 30 dias, a lagarta de *A. gemmatalis* é verde clara, apresenta três estrias brancas longitudinais sobre o dorso e possui quatro pares de pernas na região do abdome, porém sendo um deles vestigiais e, um par de pernas anais (ÁVILA e GRIGOLLI, 2014).

A fase pupal de *A. gemmatalis* dura em média 10 dias, as pupas são de coloração marrom, a fase adulta dura em média uma semana e, nessa fase as mariposas colocam seus ovos. *Anticarsia gemmatalis* apresenta metamorfose do tipo holometábolo, passando por todas as fases de desenvolvimento de um inseto (MAGRINI et al., 1999).

A fase de pré-pupa de *A. gemmatalis* quando no campo, localiza-se nos primeiros centímetros do solo, dificultando a localização das mesmas pelos inimigos naturais, porém registros mostram que *T. howardi* tem potencial para parasitar lagartas, pré pupas e pupas deste hospedeiro, com isso *A. gemmatalis* pode ser utilizada como hospedeiros alternativos em criações massais em laboratórios e biofábricas, para seu uso no controle biológico de pragas no campo, além de poder ser controlada ainda em sua fase larval por *T. howardi* laboratório e semi campo (FERNANDES, 2018).

Existem metodologias de criação e dietas artificiais (sólida e líquida) para esta espécie, que já foram amplamente estudadas e bem estabelecidas, por meio destas metodologias, *A. gemmatalis* é considerado um inseto de fácil manejo e resistente em criações em laboratório (PARRA, 2001). Devido a essas vantagens, devem-se conduzir

mais estudos afim de estabelecer criações em maior escala para auxiliarem no controle biológico aplicado com parasitoides.

***Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)**

Tenebrio molitor, ataca farinhas e grãos armazenados, que geralmente estão guardados de forma inapropriada (KRUGER, 2019). *Tenebrio molitor* é um coleóptero multifuncional, além de ser considerado uma praga importante de farináceos, também é mundialmente conhecido pelo seu potencial alimentício, utilizado como fonte de proteína na alimentação de animais e humanos embora essa prática não seja muito comum em países ocidentais (JUNIOR et al., 2018).

Tenebrio molitor é considerado um inseto de fácil criação em laboratório, sua dieta de alimentação e fatores climáticos podem alterar o seu ciclo de desenvolvimento e, possivelmente, pode também influenciar no desempenho dos predadores que se alimentam desta espécie e parasitoides que se desenvolvem nela, como hospedeiros (MENEZES et al., 2014).

Tenebrio molitor é amplamente utilizada em laboratório como hospedeiro alternativo na criação de variadas espécies de parasitoides, sua grande vantagem é a facilidade na produção, o alto número de indivíduos descendentes que podem ser produzidos e o baixo custo (GLAESER et al., 2014). Hospedeiros alternativos são utilizados no intuito de reduzir os custos de produção de criação massal de inimigos naturais em biofábricas (OLIVEIRA, 2013; GLAESER, 2014; PEREIRA et al., 2010).

Entretanto, se for criado o mesmo parasitoide, por várias gerações no mesmo hospedeiro alternativo, isso pode afetar a preferência pelo hospedeiro natural, diminuindo a eficiência dos parasitoides no controle biológico (VOLPE et al., 2006). Todavia, já foi registrado que a criação de *T. diatraeae* por três gerações, em pupas de *T. molitor*, e posterior criação no hospedeiro natural *D. saccharalis*, não afetou o parasitismo, nem a qualidade do parasitoide em questão (GLAESER et al., 2014).

Vários trabalhos já foram desenvolvidos utilizando *T. molitor* como hospedeiro alternativo de criação de parasitoides em laboratório, como é o caso de *T. diatraeae* criado em *T. molitor* (FAVERO et al., 2013), *T. molitor* utilizado como hospedeiro alternativo na criação de *P. elaeisis* (ZANUNCIO et al., 2008) e análise da qualidade biológica de *T.*

howardi criados com *T. molitor* pupas após armazenamento refrigerado. Estes trabalhos comprovam a possibilidade da conservação das pupas em geladeira, para otimizar criações de insetos em laboratórios (TIAGO et al., 2019). Criação de *P. elaeisis*, a partir de pupas de *T. molitor* que foram mantidas em baixa temperatura (KODAMA et al., 2011).

Devido às inúmeras vantagens de criação desse inseto, e pupas desse hospedeiro serem utilizadas para criação de parasitoides devem-se conduzir mais estudos afim de estabelecer criações em maior escala para auxiliarem o controle biológico aplicado com parasitoides de pupa como ajustar a densidade ideal de fêmeas parasitoides por pupa visando uma produção massal.

***Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae)**

Bombyx mori, conhecida mundialmente por bicho-da-seda, possuem pupas de tamanho grande, quando comparadas aos outros lepidópteros em geral, apresentam alto valor de proteínas e vitaminas (WANGDUN et al., 2004), e podem ser criadas em grandes quantidades com facilidade, as pupas são formadas em casulos de seda bem fechados e resistentes, porém são fáceis de serem manuseadas. Essa espécie foi estudada e é comprovadamente eficiente como hospedeiro alternativo de *P. elaeisis* (PEREIRA et al., 2009).

Bombyx mori, também é considerado um inseto de desenvolvimento completo, ou seja, ovo, lagarta, pupa e adulto. As lagartas são criadas em bandejas plásticas, alimentando-se de folhas de amoreira (*Morus Alba L.*), a troca das folhas e higienização são realizadas diariamente até a formação dos casulos. Após o desenvolvimento larval, as lagartas começam a tecer seu casulo com fios de seda, até se formar um casulo resistente de cor branca, então começa a metamorfose para a fase de pupa dentro do casulo. Após esse processo, estes são acondicionadas em câmara climatizada à $25 \pm 1^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas (PEREIRA et al., 2009).

Pupas de *B. mori* são utilizadas em criações de laboratório como hospedeiro alternativo de *T. diatraeae* e foi demonstrado que *T. diatraeae* apresenta, desenvolvimento reprodutivo satisfatório (parasitismo, emergência, progênie por pupa, razão sexual, longevidade de fêmeas e machos) nessas pupas, certificando a qualidade deste hospedeiro em criações de parasitoides, essa informação é importante pois, permite

ampliar e facilitar o sistema de criação desse agente de controle biológico em laboratório ou em biofábricas, nas manutenções de criações ou quando ocorre a falta ou a queda na produção do hospedeiro natural, poderá utilizar-se outro hospedeiro alternativo sem comprometer no desenvolvimento e qualidade do parasitoide (CALADO, 2014). Vale ressaltar que neste caso, pupas de *B. mori* e *D. saccharalis* foram disponibilizadas para fêmeas de *T. diatraeae*, e fêmeas desse parasitoide se mostraram eficientes no parasitismo dos dois hospedeiros, tanto o hospedeiro natural, quanto no alternativo (CALADO, 2014).

Existem registros de lagartas e pupas de *B. mori* sendo utilizadas para criação de *T. howardi* em laboratório, confirmando sua alta adequabilidade como hospedeiro alternativo (RODRIGUES et al., 2012). Além disso, também fêmeas de *P. elaeisis* parasitam essas pupas do bicho da seda, podendo gerar uma progênie de aproximadamente 550 indivíduos descendentes, favorecendo as criações e impulsionando criações em grande escala de produção para possíveis futuras liberações em campo (PEREIRA et al., 2009).

Considerando as qualidades desta espécie, como tamanho relativamente maior, maior emergência da progênie quando comparado em relação as outras, mais estudos devem ser conduzidos, no intuito de se otimizar o tamanho das criações, por meio de uma nova metodologia de criação, para futuro uso dos parasitoides no controle biológico aplicado.

Produção de parasitoides eulofídeos em laboratório

No intuito de futuras liberações de inimigos naturais em campo, se faz necessário que sejam estabelecidas criações em laboratório de parasitoides, entre outros agentes de controle biológico, porém, para que isso aconteça de forma eficiente e eficaz alguns critérios devem ser seguidos, outros ainda devem ser estabelecidos, para que ocorra um melhor entendimento da relação intrínseca entre parasitoide-hospedeiro, elevando o sucesso em futuros programas de controle biológico aplicado (PEREIRA et al., 2009; PEREIRA et al., 2010a, b; PASTORI et al., 2012; PARRA et al., 2021).

Muitos parâmetros biológicos dos parasitoides e hospedeiros devem ser minuciosamente estudados, como melhor idade, densidade, melhor hospedeiro, preferência dos parasitoides por qual hospedeiro de criação, hospedeiros naturais e alternativos, custo de produção dos insetos, capacidade de parasitismo em diferentes fases dos hospedeiros e idades dos hospedeiros, no propósito de aprimoramento de técnicas de

multiplicação em escala de produção e redução de custos em geral (PEREIRA et al., 2021).

A otimização da produção é a base de programas de controle biológico com parasitoides. Devido à ausência de dietas artificiais para *P. elaeisis*, *T. howardi* (Olliff, 1893) e *T. diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), torna-se necessário o uso de uma grande quantidade de hospedeiros alternativos para a sua reprodução em grande quantidade. A qualidade de agentes de controle biológico está diretamente relacionada com a disponibilidade de hospedeiros naturais ou alternativos. No caso de *T. howardi* que possui hábito gregário e alto potencial reprodutivo, o seu desenvolvimento depende dos recursos nutricionais oferecidos pelo hospedeiro, pois quando há qualidade do mesmo, diminui-se a competição entre as larvas, resultando na emergência de adultos com maior desempenho reprodutivo (HARVEY et al., 2016; KUMAR et al., 2016).

A seleção do hospedeiro alternativo adequado para criação massal do parasitoide só será vantajosa quando estes possuem baixo custo de produção, facilidade na criação, alta capacidade de reprodução e que não afetem a eficiência do parasitoide quando for preciso se desenvolver em seu hospedeiro natural (PEREIRA et al., 2010b).

No caso de eulofídeos, o uso de pupas de *T. molitor* (ZANUNCIO et al., 2008; FÁVERO et al., 2013) e de *B. mori* são exemplos de hospedeiros alternativos viáveis para criação massal. Pupas de *B. mori* permitem a produção de *T. howardi* de excelente qualidade, o que está diretamente relacionado ao tamanho da pupa, mesmo comparado com o hospedeiro natural *D. saccharalis*, sem a redução da sua eficiência de parasitismo (FERREIRA et al., 2016).

Outro ponto importante a ser observado é a densidade de parasitoides por hospedeiro, que pode afetar as características biológicas como o parasitismo, a progênie, a razão sexual da progênie, a duração do ciclo de vida (ovo-adulto) e a longevidade de adultos. Dessa forma, a definição da proporção ideal de fêmeas por pupa pode assegurar a qualidade de indivíduos produzidos (PEREIRA et al., 2010a).

Parasitoides de lepidópteros-pragas desempenham grande potencial de sucesso e poderão, em um futuro muito próximo, ser utilizados em escala maior. *Tetrastichus howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* são espécies comprovadamente eficientes no parasitismo de várias espécies de Lepidópteros e até alguns coleópteros. O uso de agentes biológicos no controle de pragas agrícolas e florestais tem aumentado consideravelmente

nos últimos anos, o que impulsionou a realização desta pesquisa visando registrá-los em novos hospedeiros naturais, otimizar sua produção em laboratório, bem como estabelecer seus custos de produção e avaliar sua eficiência biológica no campo.

Importância econômica de florestas plantadas no MS

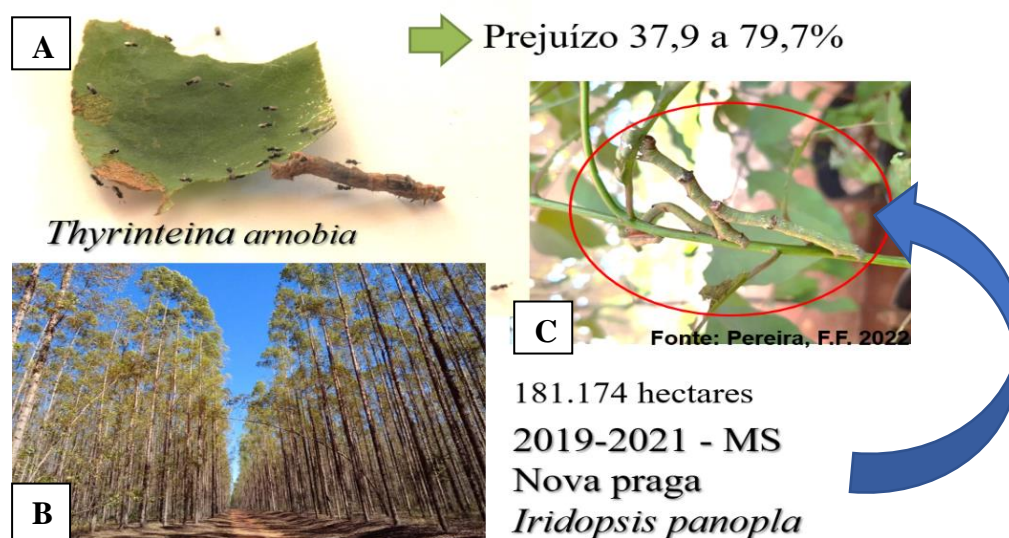
O Brasil se encontra em 3º lugar no ranking mundial de produção de florestas, possui uma área total de florestas plantadas de 7,83 milhões de hectares, sendo 5,67 milhões de hectares cultivados exclusivamente de plantios de eucalipto. O Mato Grosso do Sul se destaca em 3º lugar, entre os estados Brasileiros em se tratando de eucaliptocultura no País, com 16 % o que equivale a 1,1 milhão de hectares de eucalipto plantados, ficando atrás apenas de Minas Gerais com 24% da produção e São Paulo com 17% de áreas de florestas cultivadas (IBÁ 2019).

A produção de árvores no Brasil é a mais produtiva do mundo. No ano de 2018, o País demonstrou uma produtividade média de 36,0 m³/ha.ano para os plantios de eucalipto, enquanto a de pinus foi de 30,1 m³/ha. ano (IBÁ 2019).

A crescente demanda de produção da eucaliptocultura ocasionou o habitat perfeito para o surgimento e desenvolvimento de insetos, o Brasil é um País rico em diversidade de insetos e muitos migraram das monoculturas, tornando-se pragas do eucalipto, podendo se multiplicar rapidamente e em grandes números, favorecendo o estabelecimento e dispersão destes insetos, com a ocorrência de danos de importância econômica (Barbosa et al., 2014).

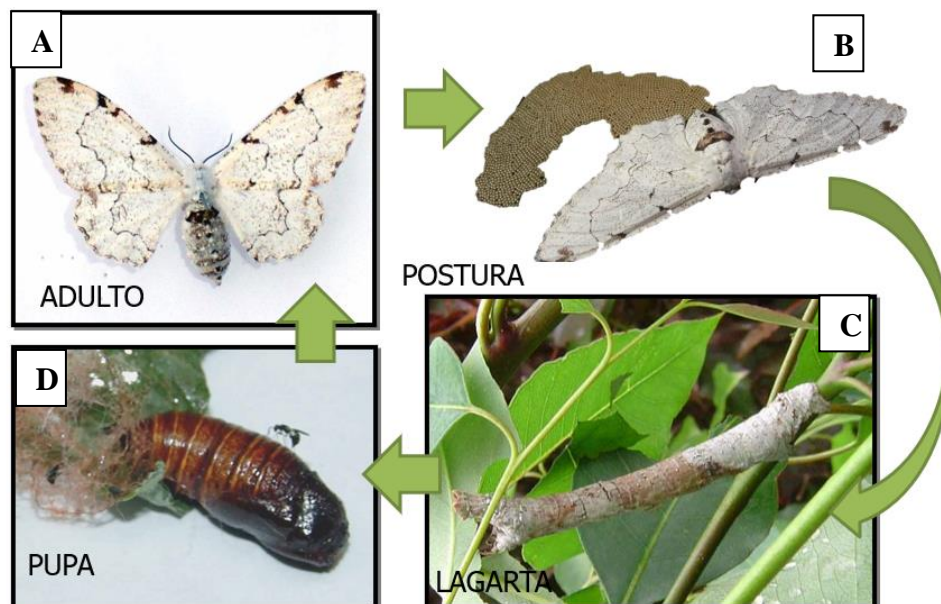
O complexo de pragas do eucalipto no Brasil compreende variados insetos, entre eles destacam-se as formigas cortadeiras (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.), lepidópteros desfolhadores (*Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782), *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1952), *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer, 1856)), besouros desfolhadores (*Costalimaita ferrugínea* (Fabricius, 1801), *Sternocolaspis quatuordecimcostata* (Lefréve, 1877)), cupins-das-mudas (*Syntermes* spp., *Cornitermes* spp. e *Nasutitermes* spp.), cupins-do-cerne (*Coptotermes* spp. e *Heterotermes* spp.) e grilos (*Gryllus* spp.) entre outras espécies (BARBOSA et al., 2020).

Recentemente foi constatado o surgimento de uma nova espécie de Lepidóptero praga florestal no estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), que vem causando bastante preocupação aos produtores de eucalipto da região, tão prejudicial quanto a *T. arnobia*, a qual é considerada a principal praga da cultura do eucalipto, surge então a necessidade do desenvolvimento de pesquisas de biologia da espécie e métodos de controle.



Fonte: Pereira, F. F. 2018.

Figura 1- A- Lagarta de *T. arnobia* sendo parasitada por fêmeas de *P. elaeisis*. B- Cultura do eucalipto. C- Lagartas de *I. panopla*.



Fonte: Pereira, F. F. 2022.

Figura 2- Ciclo de vida *T. arnobia*. A- Adulto de *T. arnobia*. B- Ovos e mariposa de *T. arnobia*. C- Lagarta de *T. arnobia*. D- Pupa de *T. arnobia*.

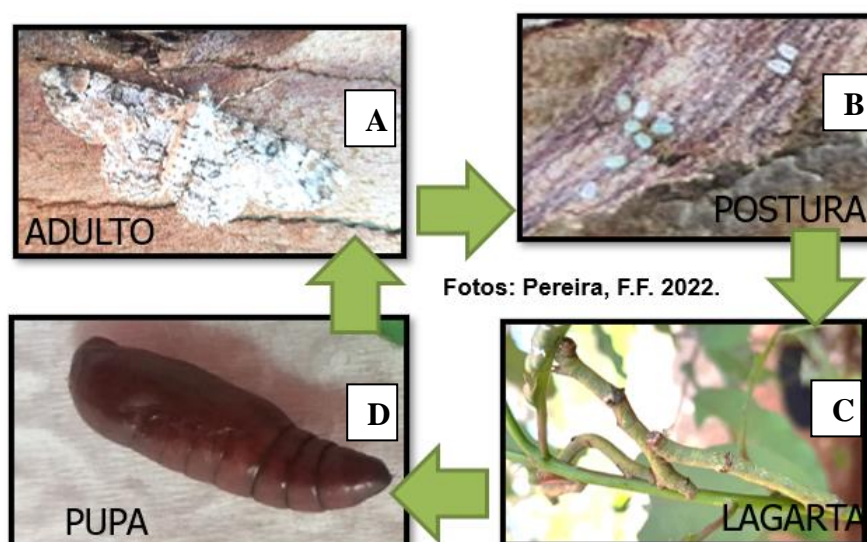


Figura 3- Ciclo de vida *I. panopla*. A- Adulto de *I. panopla*. B- Ovos e mariposa de *I. panopla*. C- Lagarta de *I. panopla*. D- Pupa de *I. panopla*.

Iridopsis parrai e *Iridopsis hausmanni* são espécies que já foram registradas no Chile. No Brasil *Iridopsis* sp. foi registrada em Alto São Francisco, no estado de Minas Gerais e *Iridopsis fulvitincta* encontrada em São Paulo, na cidade de São Carlos. Não existia até o presente estudo o relato da espécie *I. panopla*, este é o primeiro registro da primeira ocorrência de *I. panopla* no Brasil, a qual foi coletada no estado de Mato Grosso do Sul (Figura). A biologia desta espécie está sendo investigada pelo professor Dr. Carlos Frederico Wilcken, juntamente com Fabio Araújo dos Santos, em Botucatu, na Esalq Piracicaba e, pelo professor Dr. Fabricio Fagundes Pereira, da UFGD, em Dourados, MS.

Os tipos de controle que são utilizados na eucaliptocultura são basicamente os químicos e os biológicos. Entre os químicos estão os reguladores de crescimento e os neonicotinoides, que geram intoxicação neurológica do inseto (PEREIRA et al., 2016).

Os tipos de controle biológicos são realizados por bactérias (*Bacillus thuringiensis*) (ZANUNCIO et al., 2014), pelos fungos entomopatogênicos: *Beuveria bassiana* e *Metarhizium anisoplie* (Domingues 2021) e por macrobiológicos como os parasitoides, destacando-se *T. howardi*, *T. diatraeae*, *P elaeisis* e *B. annulata*.

As espécies de parasitoides utilizadas neste trabalho são consideradas endoparasitoides e possuem quatro fases de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto (Figura 4) (GONZÁLEZ, 2004; LA SALLE E POLASZEK, 2007).



Figura 4- Fases de desenvolvimento dos parasitoides.

(González, 2004; La Salle e Polaszek , 2007).

Tetrastichus howardi, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* já foram registrados parasitando várias espécies hospedeiras, em condições de laboratório e condições naturais, com destaque para *T. howardi*, que tem potencial de parasitar outras fases de desenvolvimento do hospedeiro (Figura 5, 6 e 7).



Figura 5- Parasitismo de *T. howardi* em diferentes hospedeiros.

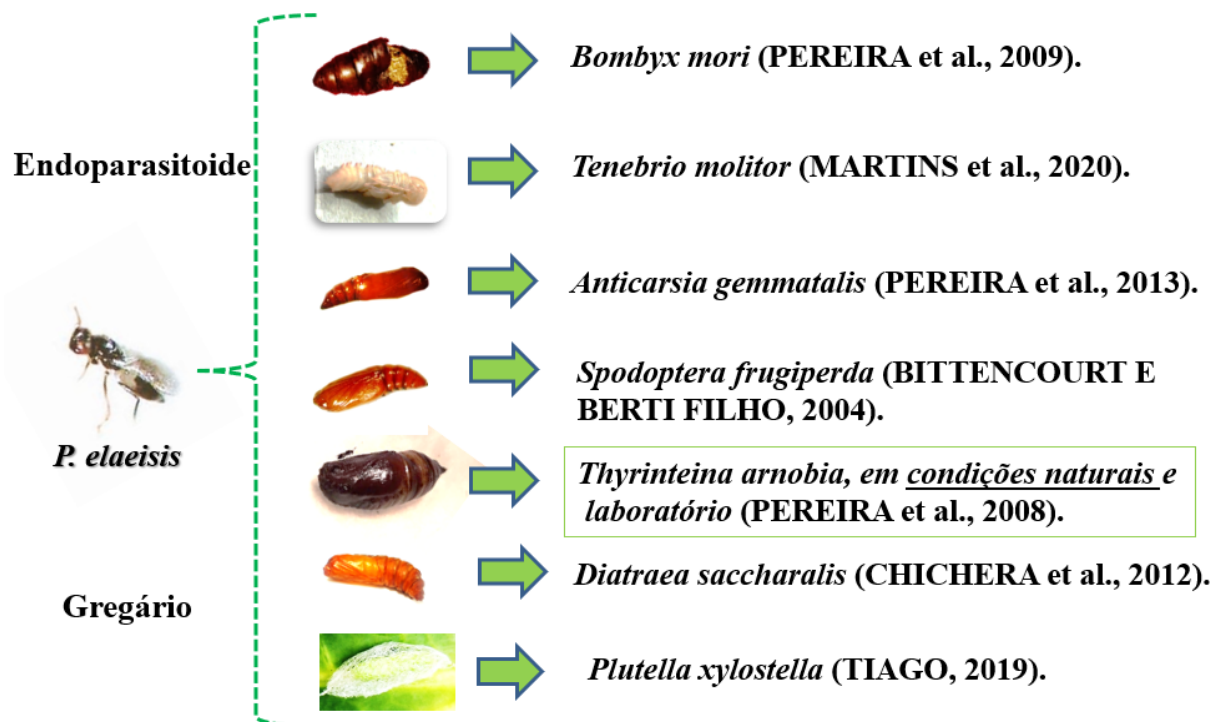


Figura 6- Parasitismo de *P. elaeisis* em diferentes hospedeiros.

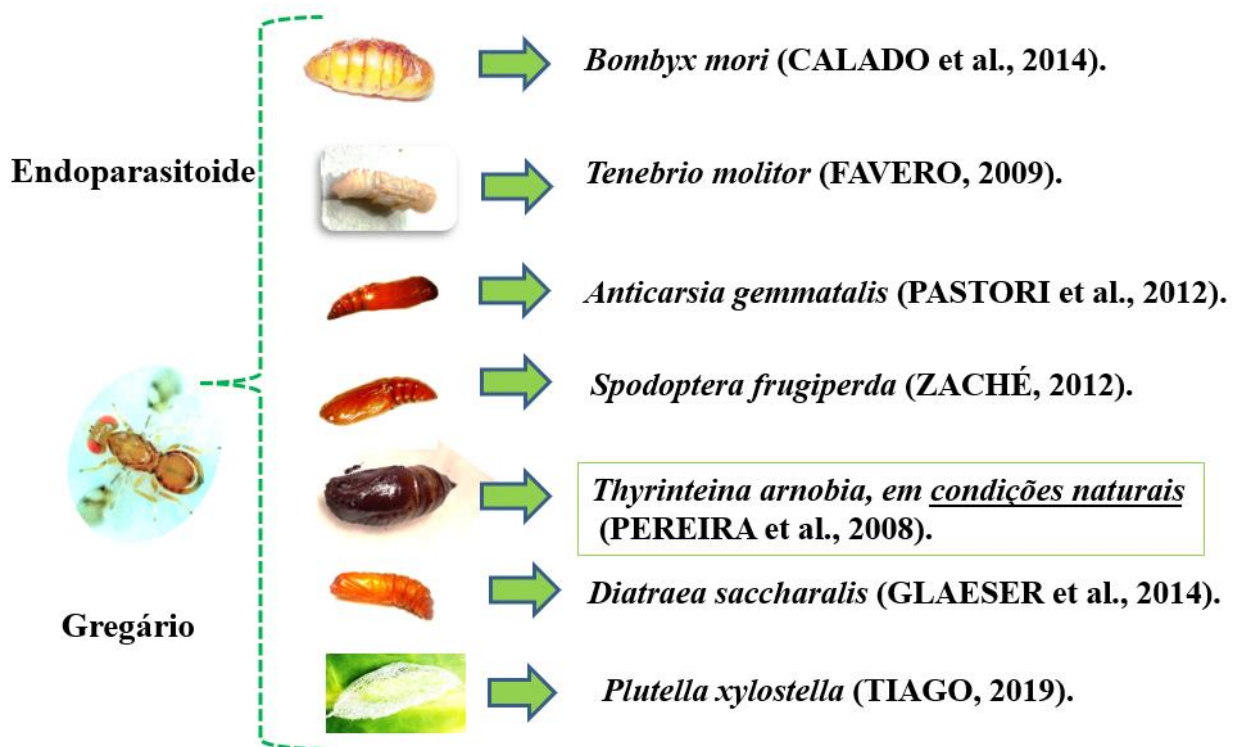


Figura 7- Parasitismo de *T. diatraeae* em diferentes hospedeiros.

As diferenças morfológicas de *T. howrdi* se demonstram na quantidade de funículos da antena, coloração dos funículos, coloração do fêmur anterior. A principal diferença é a coloração da antena, que os machos possuem apenas a clava da antena de coloração preta e as fêmeas possuem toda antena de cor preta (Figura 9).



Figura 8- Dimorfismo sexual de *Tetrastichus howardi*.

Em relação ao *P. elaeisis* a principal diferença está na fêmea, que possui uma mancha transparente no abdome, e o abdome mais robusto, enquanto que os machos possuem abdome mais fino e de coloração preta. Enquanto que as antenas dos machos são claras, as das fêmeas são de coloração escura (Figura 10).



Figura 9- Características taxonômicas de dimorfismo sexual que difere o *Palmistichus elaeisis* macho e fêmea.

As diferenças morfológicas de *T. diatraeae* entre macho e fêmea são quase imperceptíveis a olho nu, devem ser observadas na lupa, observam-se as antenas, onde as fêmeas possuem a inserção das antenas próximas, em formato de “V”, já os machos apresentam a inserção das antenas nas laterais da cabeça (Figura 10).

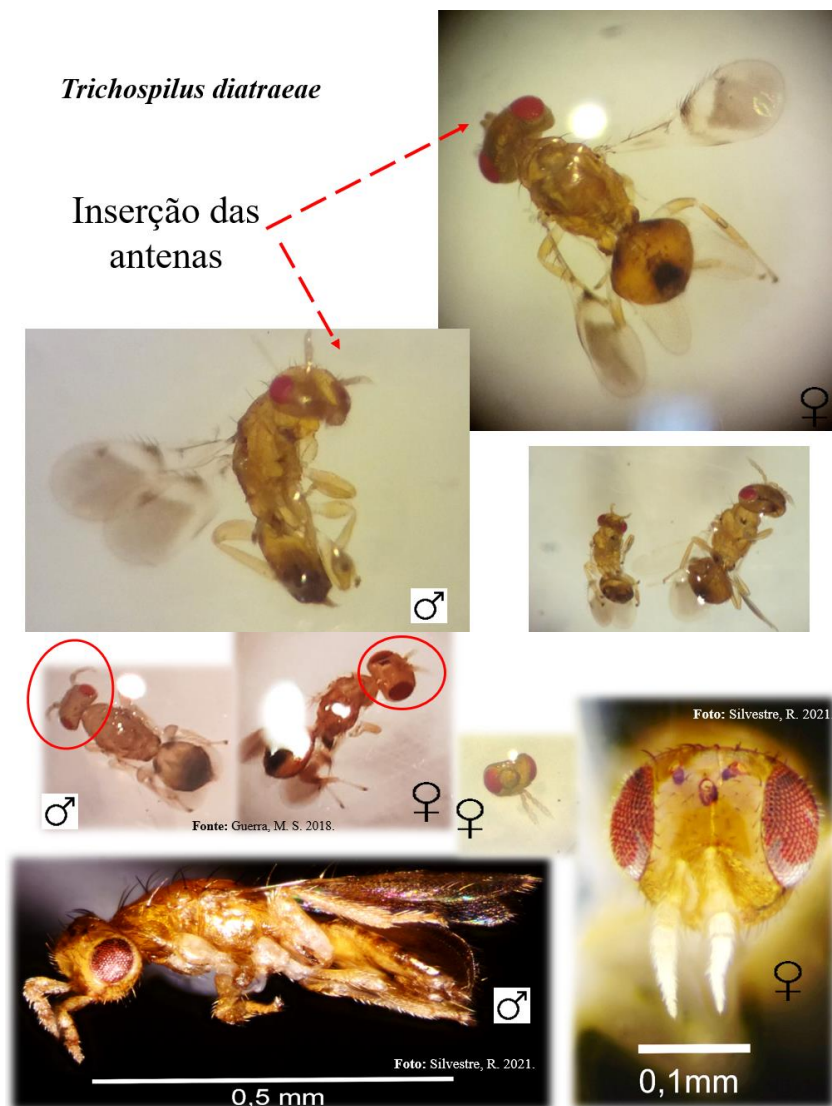


Figura 10- Diferenças morfológicas de *T. diatraeae*.

As espécies *T. howardi* e *P. elaeisis* são semelhantes a olho nu, a diferenciação deve ser feita atentamente, em relação as fêmeas, observa-se principalmente o abdome dos insetos, *P. elaeisis* possui abdome robusto e com uma mancha transparente, já as fêmeas de *T. howardi* possuem abdome afunilado e de coloração totalmente preta. Já em relação aos machos, observa-se principalmente as antenas onde, *T. howardi* possui antena de coloração clara com a clava preta e *P. elaeisis* possui a antena toda de coloração clara (Figura 11).



Figura 11- Diferenças morfológicas entre os parasitoides *T. howardi* e *P. elaeisis*.

Cada espécie de parasitoide apresenta uma idade ideal para que se obtenha um parasitismo de sucesso, para *T. howardi* a melhor idade é entre 24 – 48 horas (ZHONG, et al., 2016). A melhor idade considerada de *T. diatraeae* é de 48 – 72 horas (GLAESER, 2011) e *P. elaeisis* de 72 a 96 horas (PEREIRA et al., 2019) (PEREIRA et al., 2021) (Figura 12).



Figura 12- Idade de *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis*.

Brachymeria annulata, é um endoparasitoide que pertence à família Chalcididae, a qual apresenta características peculiares como a perna posterior muito mais desenvolvida do que as demais pernas, coxas espessas e fêmur dilatado. Tem capacidade de parasitar variadas ordens de insetos, são considerados parasitoides primários de Lepidoptera, Coleoptera, Diptera e Hymenoptera, com diferencial assim como o *T. howardi*, *B. annulata* tem capacidade de parasitar a fase imatura e pupal do hospedeiro. Apresentam um importante papel no controle biológico de pragas naturalmente no campo (SANTOS et al., 2017)



Fig. 1. *Brachymeria annulata*.

Controle biológico no Brasil

O Brasil possui maior programa de controle biológico do mundo. *Cotesia flavipes* é o maior exemplo de controle biológico no Brasil. Considerada a principal praga da cana de açúcar, de difícil controle pois a lagarta penetra no colmo.

O intuito deste trabalho foi desenvolver técnicas de criações massais de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae*, para que estes parasitoides possam ser utilizados em programas de controle biológico, no controle de pragas em geral, equilibrando o ecossistema. Para que se obtenha um controle biológico de sucesso em campo, é necessário o desenvolvimento de algumas etapas essenciais, para a produção de insetos em grande escala em uma biofabrica (PARRA et al., 2020).

Etapas para o sucesso de um programa de controle biológico aplicado

Entre as principais etapas estão: Identificação do inimigo natural, estudos de biologia da praga e do inimigo natural, determinação da metodologia de criação, estabelecimento de uma criação de pequena escala, estudos de eficiência de semi-campo e campo, estabelecimento de uma criação de larga escala e, por fim a transferência da tecnologia de liberação ao produtor ou empresas (PARRA et al., 2020).

OBJETIVO GERAL

Avaliar o parasitismo de *Iridopsis panopla* e *Thyrinteina arnobia* em plantios comerciais de eucalipto; desenvolver metodologia de criação de larga escala e averiguar qual melhor hospedeiro para criação dos parasitoides *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae* e *Palmistichus elaeisis* em laboratório, determinar o custo de produção dos hospedeiros e dos parasitoides em laboratório. Bem como, avaliar a eficiência de liberações de *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis* visando a redução populacional de *T. arnobia* na cultura de eucalipto.



Fonte: Pereira, F.F. 2022.

HIPÓTESES

- *Brachymeria annulata* e *T. diatraeae* encontra e parasita pupas de *I. panopla* naturalmente em eucalipto;



- Performance de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* em diferentes hospedeiros: *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *B. mori* e *T. molitor* quando criados com o protocolo de 5 pupas do hospedeiro e 25 fêmeas do parasitoide;



- O custo de produção de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* não é influenciado pelo hospedeiro;



- *Tetrastichus howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* parasita e reduz a população de *T. arnobia* em eucalipto.



¹Esta Tese está de acordo com as “Normas para Redação de Dissertações e Teses” do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados, sendo o capítulo 1 redigido de acordo com as normas do periódico “The Canadian Entomologist” onde foi aceito para publicação e encontra-se em prelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR A.P., DEANS A.R., ENGEL M.S., FORSHAGE M., HUBER J.T., JENNINGS J.T., JOHNSON N.F., LELEJ A.S., LONGINO J.T., LOHRMANN V., MIKÓ I., OHL M., RASMUSSEN C., TAEGER A., YU D.S.K. 2013. Order Hymenoptera Linnaeus, 1758. (In: **Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness**. Z.Q. ZHANG ed. **Zootaxa**): 51–62. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.12>

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado: 12 mar 2022.

ALAM M. M. 1978. Attempts at the biological control of major insect pests of maize in Barbados, W. I. Symp. On maize and peanut. Paramaribo, Suriname, Nov. 13- 18. Proceedings Caribbean Food Crops Society, **15**: 127-135.

ALAM M. M. 1990. Diamondback moth and its natural enemies in Jamaica and some other Caribbean Islands. In: Internacional workshop of diamondback moth and other crucifers pests, 2. Taiwan: Asian Vegetable Research and Development, **26**: 233-243.

ÁLVAREZ J. F., NARANJO F., GRILLO H. 2003. *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae): nuevo parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba. Cent. Agrícola, **30**: 86-88.

ÁVILA C.J., GRIGOLLI, J.F.J. 2014. Pragmas da soja e seu controle. (In: Tecnologia e produção: soja 2013/2014. A.L.F. LOURENÇÃO, J.F.J. GRIGOLLI, A.M. MELOTTO, C. PITOL, D. DE C. GITTI, R. ROSCOE ed. Maracaju: **Fundação MS**. Cap. 6. 109- 168. File Online <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/985984/1/cap6.pdf>

BARBOSA R. H., KASSAB S. O., PEREIRA F. F., ROSSONI C., COSTA D. P., BERNDT M. A. 2015. Parasitism and biological aspects of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) pupae. Ciência Rural, **45**: 185-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130896>

BARBOSA V. O., BRITO C. H., OLIVEIRA R., LIMA R. M., SILVA J. F., ALVES J. C. G., OLIVEIRA L. V. Q., BATISTA J. L. 2020. Biological aspects and populational preference of *Cotesia flavipes* between *Diatraea saccharalis* and *Diatraea flavipennella*. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, **15**: 4. DOI: 10.5039/agraria.v15i4a7689.

BERTI FILHO E. 1974. **Biologia de *Thyrinteina arnobia* (Stooll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae) observações sobre a ocorrência de inimigos naturais**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP. 74 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BITTENCOURT M. A. L., BERTI FILHO E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros- praga. Scientia Agricola, **56**:1281-1283, 1999.

BOBADILHA G. S. 2016. **Qualidade da madeira de árvores de eucalipto atacadas por *Leptocybe invasa*, *Gonipterus platensis* e *Thyrinteina arnobia***. Jerônimo Monteiro, ES: Universidade Federal do Espírito Santo. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Jerônimo Monteiro.

BORTOLI S. A., VACARI A. M., POLANCZYK R., DUARTE R. T. 2016. Produção de insetos e controle biológico aplicado. **Tópicos em Entomologia Agrícola**. p. 95-118.

BOTELHO P. S. M. 1999. Associação do Parasitóide de Ovos *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e do Parasitóide Larval *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae) no Controle de *Diatraea saccharalis*, (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) em Cana-de-açúcar. Anais Sociedade Entomológica, **28**: 491-496.

BOUCEK Z. 1976. The African and Asiatic species of *Trichospilus* and *Cotterellia* (Hymenoptera: Eulophidae). Bulletin Entomological Research, **65**: 669-681.

BOURNIER J. P. 1975. Sur la reproduction parthénogénétique de *Trichospilus diatraeae* Cher. et Margab. (Hymenoptera: Chalcidoidea). Bulletin de la Société Entomologique de France, **80**: 116-118.

BREHM G., MURILLO-RAMOS L., SIHVONEN P., HAUSMANN A., SCHIMIDT B. C., ÕUNAP E., MOSER A., MORTTER R., BOLT D., BODNER F., LINDT A., PARRA L. E., WAHLBERG N. 2019. New World geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae): Molecular phylogeny, biogeography, taxonomic updates and description of 11 new tribes. *Arthropod Systematics & Phylogeny* **77**: 457.

CALADO V. R. F., PEREIRA F. F., VARGAS E. L., GLAESER D. F., OLIVEIRA F.G. 2014. Características biológicas de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) nos hospedeiros *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) e *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Biotemas*, **27**: 71-77. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n1p71>

CERDENÃ J., LOPEZ E., PARRA L. E., VARGAS H. A., FARFÁN J. 2019. First record of *pero rodriguezii* Vargas, 2007 (Geometridae) in Peru with description of the female. *Journal of the Lepidopterists' Society* **73**: 129-131. <https://doi.org/10.18473/lepi.73i2.a7>

CHERIAN M. C., SUBRAMANIAM C. K. 1940. *Tetrastichus ayyari* Rohw. A pupal parasite of some moth borers in South India. *Indian Journal of Entomology*, **2**: 75-77.

CHICHERA R.A., PEREIRA F.F., KASSAB S.O., BARBOSA R.H., PASTORI P. L., ROSSONI C. 2012. Capacidade de busca de *Trichospilus diatraeae* e *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Interciencia*. **37**: 852-856.

CONTE O., POSSAMAI E. J., SILVA G. C., REIS E. A., GOMES E. C., CORRÊA-FERREIRA B. S., ROGGIA S., PRANDO A. M. 2020. Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2019/2020 no Paraná. *Embrapa soja*. n. 431, p. 65.

CRUZ I., REDOAN A. C., SILVA R. B. D., FIGUEIREDO M. D. L. C., PENTEADO-DIAS A. M. 2011. New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. *Scientia Agricola*, **68**: 252-254. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000200017>.

DELVARE G., LASALLE J. A. 1993. New genus of *Tetrastichinae* (Hymenoptera: Eulophidae) from the neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. *Journal of Natural History*, 27: 435-444.

DUONG C. A., DIEP D. N., HUNG H. Q. 2011. Survey of sugarcane moth borers in southeast Vietnam. *International Sugar Journal*, 113: 732-737.

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

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

FERNANDES D.R.R., QUERINO R.B., HAMADA N. 2019. Order Hymenoptera. (In: Keys to Neotropical Hexapoda: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates N. Hamada, Thorp J., Rogers D.C. eds. Academic Press, USA): 339-347. DOI:10.1016/b978-0-12-804223-6.00012-3

FERNANDES W. C. 2018. **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.** Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/498/1/WinnieCezarioFernandes.pdf>.

FERREIRA F. R. B. 2021 Lagartas: Prejuízos e soluções contra a praga. **Revista Campo e Negócios**. Disponível: <https://revistacampoenegocios.com.br/lagartas-prejuizos-e-solucoes-contr-a-praga/>

GARLET J., COSTA ERVANDIL C., BOSCARDIN J. 2016. Levantamento da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp. por meio de armadilha luminosa em São Francisco de Assis - rs. *Ciência Florestal*, 26: 365-374.

GIBSON G.A.P., HERATY J.M., WOOLLEY J.B. 1999. Phylogenetics and classification of Chalcidoidea and Mymarommatoidea—a review of current concepts (Hymenoptera, Apocrita). *Zool. Scr.* **28**: 87–124.

GLAESER D. F., PEREIRA F. F., VARGAS E. L., CALADO V. R. F., FAVERO K. 2014. Desempenho reprodutivo de *Trichospilus diatraeae* no hospedeiro natural *Diatraea saccharalis* três gerações no hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, **44**: 213-218.

GLENN H., PEÑA J. E., BARANOWSKI R. M., DUNCAN R. 2003. **Lepidopterous pests of Florida avocado: biodynamics, mortality factors and control**. IN: WORLD AVOCADO CONGRESS (ACTAS V CONGRESO MUNDIAL DEL AGUACATE), 5. Proceedings. p.503-508.

GODFRAY H.C.J. 1994. *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. **Princeton University Press, Princeton, NJ, USA**. Pp. 488.

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

HANSON, P. E., GAULD I. D. 1995. **The Hymenoptera of Costa Rica**. Oxford, Oxford University Press, xvii + 893p.

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

HERATY J.M. 2017. Parasitoid biodiversity and insect pest management. (In: **Insect Biodiversity: Science and Society**. B. FOOTITT, ADLER, P. eds. **Springer-Verlag, The Hague**): 603–625.

IBÁ – **Indústria Brasileira de Árvores**. Relatório IBÁ 2017. São Paulo, 2017, 80p. Disponível em: https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 15 de março de 2022.

IBÁ – **Indústria Brasileira de Árvores**. Relatório IBÁ 2019. São Paulo, 2019, 80p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2022.

JUNIOR J. C. L., FERREIRA L. C. F., PEDERIVA K. A. 2018. Desenvolvimento de larvas de *Tenebrio molitor* L. em diferentes dietas visando a produção de insetos para consumo humano. **Revista eletrônica do UNIVAG, Connect Online**. n. 18, ISSN 1980-7341.

KFIR R., GOUWS J., MOORE S. 1993. Biology of *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae): a facultative hyperparasitoid of stem borers. *Biocontrol Science and Technology*, **3**: 149-159. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583159309355271>

KODAMA E., PEREIRA F. F., CALADO V. R. F. 2011. **É possível armarezar pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em baixa temperatura para criação de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**. In: ENEPE, DOURADOS. ENEPE. DOURADOS: UFGD, **5**: 1-6.

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

LA SALLE J., POLASZEK A. 2007. Afrotropical species of the *Tetrastichus howardi* species group (Hymenoptera: Eulophidae). *African Entomology*, **15**: 45-56. DOI: <https://doi.org/10.4001/1021-3589-15.1.45>

LEMES P. G., ZANUNCIO J. C. 2021. Introdução, histórico e mercado de trabalho da entomologia florestal no Brasil. In: LEMES, P. G., ZANUNCIO, J. C. **Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 996p.

LIAO Y. L., LI Y. F., ZHANG Z. F., XIAO H. X., LI Y. F., ZHANG Y., WU W. J. 2014. New record of *Tetrastichus howardi* Olliff as pupal parasitoid of *Chilo auricilia*. **Journal of Environmental Entomology**, **36**, 408-411.

LUCCHETTA J. T. 2016. **Parasitismo e desenvolvimento de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. Disponível em: <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO->

ENTOMOLOGIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20(2016)%20J%C3%A9ssica%20Terilli%20Lucchetta.pdf.

MACEDO N., ARAUJO J. R. 2000. Controle biol3gico da broca da cana-de-açúcar, IAA/Planalsucar: **Piracicaba**, 24p.

MAGRINI E. A., BOTELHO P. S. M., SILVEIRA, S. N. 1999. Biologia de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja. Sci. Agrícola **56**. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000300006>

MAFIA R.G., LOUREIRO E.B.; SILVA J.B.; SIM3ES J.A.C., ZAPERLON T.G., BEZERRA JUNIOR N. S., DAMACENA M.B. A New Light Trap Model as an Alternative for Controlling Pests in Eucalyptus Plantations. Neotropical Entomology, **47**: 326-328, 2018.

MARTINS M. E. R., SOUZA F. P., SILVA R. C. 2021. Análise matemática do modelo de interação entre a broca da cana de açúcar (*Diatraea saccharalis*) e o seu parasitoide *Trichogramma galloi*. Jornal unoeste. n. 3, v. 13. DOI: 10.5747/ce.2021.v13.n3.e366

MASSON M. V., TAVARES W. S., PEREIRA D. W. V., MATOS W. C., LOPES F. A. FERREIRA-FILHO P. J., WILCKEN C. F. ZANUNCIO J. C. Management of *Hylesia nanus* (Lepidoptera: Saturniidae) on Eucalyptus (Myrtaceae) Plantations. Florida Entomologist, **100**: 380-384, 2017.

MATRANGOLO C. A. R, CASTRO R. V. O., LUCIA T. M. C. D., LUCIA R. M. D., MENDES A. F. N., COSTA J. M. F., LEITE H. G. 2010. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. Pesquisa Agropecuária Brasileira, **45**, p.952-957.

MAYHEW P.J. 2016. Comparing parasitoid life histories. Entomol. Exp. Appl. **159**: 147-162. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12411>

MENEZES C. W. G., CAMILO S. S., FONSECA A. J., JUNIOR S. L. A., BISPO D. F., DOARES M. A. 2014. A dieta alimentar da presa *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pode afetar o desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). Agricultural Entomology. **81**. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657001212012>

MORALES-RAMOS J.A., ROJAS M.G., SHAPIRO-ILAN D.I., TEDDERS W.L. 2010. Developmental plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): analysis of instar variation in number and development time under different diets. *Journal of Entomological Science*, **45**: 75-90.

MORALES-RAMOS J.A., ROJAS M.G., SHAPIRO-ILAN D.I., TEDDERS W.L. 2011. Self-selection of two diet components by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae and its impact on fitness. *Environmental Entomology*, **40**: 1285- 1294.

MOORE S. D., KFIR R. 1995. Aspects of the biology of the parasitoid, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of African Zoology*, **109**: 455-466.

NOYES J. S. **Universal Chalcidoidea Database**. 2003. Disponível em: <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/database/>. Acesso: 14/03/2022.

NOYES J. S. 2004. **Universal Chalcidoidea Database**. World Wide Web electronic publication. File online <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>.

NOYES J. S. 2019. **Universal Chalcidoidea Database**. Wide Web electronic publication. Disponível em: <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/eulophidae1.html>.

OLIVEIRA M.A.S., JUNQUEIRA N.T.V., ICUMA I.M., ALVES R.T., OLIVEIRA J.N.S., ANDRADE G.A. 2001. Incidência de danos da broca do fruto da graviola no Distrito Federal, 2001. **Comunicado Técnico-Embrapa** n.51.

OLIVEIRA H. N., ZANUNCIO T. V., ZANUNCIO J. C., SERRÃO J. E. The eucalypt defoliator *Thyrintina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) protects its eggs from parasitism. *Biological Letters*, **45**: 23-28, 2008.

PALÁCIOS C., FARFÁN J., CERDENA J., LAZO-RIVERA A., PARRA L. E., VARGAS H. A. 2020. A new species and a new record of *Pero* Herrich-Schäffer, 1855 (Lepidoptera, Geometridae) in the Andes of southern Peru. *Nota Lepidopterologica*. **43**: 301-309. DOI: <https://doi.org/10.3897/nl.43.54177>

PARRA J. R. P. 2001. Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. **Piracicaba: ESALQ/FEALQ.**

PARRA J. R. P. 2010. O controle biológico no Brasil: para onde vamos? *G. Bio. Revista de Controle Biológico*, Piracicaba, p.33–36.

PARRA J. R. P. 2014. Biological control in Brazil: an overview. *Scientia Agricola*, Piracicaba, **71**: 345-355.

PARRA J. R. P., PINTO A. S., NAVA D. E., OLIVEIRA R. C., DINIZ A. J. F. 2021. (eds) **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura Brasileira.** Piracicaba: FEALQ, 317-361.

PARON M. R. 1999. **Bioecologia de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), endoparasitoide de pupas de Lepidoptera.** 57 f. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba.

PARON M. R., BERTI-FILHO E. 2000. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). *Scientia Agricola*, **57**: 355-358. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000200025>

PASTORI P. L., PEREIRA F. F., ZANUNCIO J. C., OLIVEIRA H. N., CALADO V. R. F., SILVA R. O. 2012. 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**, **79**: 525-532. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-16572012000400009>

PEREIRA F. F. 2006. **Desenvolvimento e técnicas de criação de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo.** Viçosa, MG: UFV. 95 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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 eulófídeos 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, 317-361.

PEREIRA E. S., CALDEIRA Z. V., SOARES M.A. 2016. Manejo integrado de pragas na Eucaliptocultura: Inseticidas e parasitoides são compatíveis? *Agri-Environmental Sciences*, no. 2, v. 2. <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/201>.

PEREIRA F. F., ZANUNCIO T. V., ZANUNCIO J. C., PRATISSOLI D., TAVARES M. T. 2008. Species of Lepidoptera defoliators of eucalypt as new hosts for the polyphagous parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **51**: 259-262. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132008000200004>.

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. 2021. 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, 317-361.

PEREIRA F. F., KASSAB S. O., VARGAS E. L., CALADO V. R. F., OLIVEIRA H. N. de., ZANUNCIO J. C. 2015. Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on the caterpillars, pupae and adults of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *The Florida Entomologist*, **95**: 384-387.

PEREIRA F. F., ZANUNCIO J. C., SERRÃO J. E., PASTORI P. L., RAMALHO F. S. 2009. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) *Brazilian Journal of Biology*, **69**: 631-637.

PEREIRA F. F., ZANUNCIO J. C., TAVARES M. T., PASTORI P. L., JACQUES G. C. & VILELA E. F. 2008. New Record of *Trichospilus diatraeae* as a Parasitoid of the Eucalypt Defoliator *Thyrintina arnobia* in Brazil. *Phytoparasitica*, **36**: 304-306.

PESSOA M. C. P. Y., MARINHO-PRADO J. S., MINGOTI R., PRADO S. S., LOVISI FILHO E., SÁ L. A. N., SPADOTTO C. A., FARIAS A. R. 2016. Avaliação de potencial desenvolvimento de *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) e de três bioagentes de controle exóticos em condições climáticas da Região Norte do Brasil - Estados do Amapá e Roraima. Campinas, SP: **Embrapa Gestão Territorial**. Pp.2.

PETERS R.S., NIEHUIS O., GUNKEL S., BLÄSER M., MAYER C., PODSIADLOWSKI L., KOZLOVH A., DONATHF A., VAN NOORTI S., LIUJ S., ZHOUM X., MISOFF B., HERATYO J., KROGMANN L. 2018. Transcriptome sequence-based phylogeny of chalcidoid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea) reveals a history of rapid radiations, convergence, and evolutionary success. *Mol. Phylogenet. Evol.* **120**: 286–296. DOI: 10.1016/j.ympev.2017.12.005

PITKIN L.M. 2002. Neotropical ennomine moths: a review of the genera (Lepidoptera: Geometridae). *Zoological Journal*, **135**: 121-401.

QUERINO R. B., ZUCCHI R. A. 2012. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 103 p.

QUICKE D.L.J. 1997. *Parasitic Wasps*. Chapman & Hall, New York, NY, USA. Pp. xvi+470. QUICKE D.L.J. 2015. *The Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps: Biology, Systematics, Evolution and Ecology*. **Wiley-Blackwell, Oxford**, UK. Pp. 704.

RAO V. P. 1965. Natural enemies of rice stem borers and allied species in various parts of the world and possibilities of their use in Biol. Control of rice stem borers in Asia. *Technical Bulletin. Commonwealth Institute of Biological Control*, **6**: 1-68.

REIS F. W., SANTOS F., STRAPASSON P., NICKELE M. A. 2011. Danos causados por diferentes níveis de desfolhas artificial para simulação do ataque de formigas cortadeiras em *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, **31**: 37-42.

RIBEIRO G. T., ZANUNCIO J. C., TAVARES W., RAMALHO S. F., SERRÃO J. E. Constancy, Distribution, and Frequency of Lepidoptera Defoliators of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* (Myrtaceae) in Four Brazilian Regions. *Neotropical Entomology*, **45**: 629–636, 2016.

RODRIGUES B. A. C., PEREIRA F. F., OLIVEIRA F. G., GRANCE E. L. V., CALADO V. R. F., SILVA N. V. 2012. **Lagartas e pupas de *Bombyx mori* (Lepdoptera: Bombycidae) podem ser utilizadas para criação do parasitoide *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae)**. In: ENEPE - ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E

EXTENSÃO, Dourados, MS. ENEPE - ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. Dourados: UFGD, 2012. v. 6 enc. p. 1-11.

RODRIGUEZ-DEL-BOSQUE L. A., SMITH JUNIOR, J. W. 1989. Parasitization of *Diatraea lineolata* pupa and diapausing larvae by several exotic parasites. Florida Entomologist, **72**: 703-705.

SANTOS R. S., TAVARES M. T., SUTIL W. P., VASCONCELOS A. S., AZEVEDO T. S., DIOGO, B. S. 2017. Parasitismo de *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) em *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae). Convibra Agronomia, **5**: 1-7. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1071851>

SANTOS A.M.C., QUICKE D.L.J. 2011. Large-scale diversity patterns of parasitoid insects. Entomol. Sci. **14**: 371-382.

SANTOS G. P., ZANUNCIO J. C., ZANUNCIO T. V., PIRES E. M. 2008. Pragas do eucalipto. Informe Agropecuario, Belo Horizonte, **29**: 47-70.

SANTOS L. C. 2021. **Efeito de inseticidas químicos e biológicos para *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974) (Lepidoptera: Crambidae) e seletividade para *Trichogramma galloi* (Zucchi, 1988) (Hymenoptera: Trichogrammatidae).** Dissertação mestrado da Universidade Estadual Paulista.

SANTOS M. A., GUTIERREZ L. J. J., LANUZA G. A. 2021. Registro de parasitismo de *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) em pupas de *Talides hipa Evans*, 1955 (Lepidoptera: Hesperiiidae) in Panama. Poeyana, **512**. <https://revistasgeotech.com/index.php/poey/article/view/343>

SILVA A. B., BRITO J. M. 2015. Controle biológico de insetos-pragas e suas perspectivas para o futuro. Agropecuária Técnica, **36**: 248-258. <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/at/index>.

SILVA R. B., AQUINO I. S., BORGES P. F., BARBOSA A. S., MEDEIROS G. R., MELO T. S. 2021. Aspectos comportamentais do parasitoide *Cotesia flavipes* produzido em laboratório no litoral norte paraibano. Research, Society and Development, **10**. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10fi2.12666>

SILVA-TORRES C.S.A., PONTES I.V.A.F., TORRES J.B., BARROS R. 2010. New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. *Neotropical entomology*, **39**: 835-838.

SILVA T. S. S. 2020. **Interação entre *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) e *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1976) (Rhabditida: Heterorhabditidae) no parasitismo de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974) (Lepidoptera: Crambidae).** Dissertação pós-Graduação em Proteção de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas.

SOARES M. A., LEITE G. L. D., ZANUNCIO J. C., ROCHA S. L., DE SA V. G. M., SERRÃO J. E. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. *Phytoparasitica*, **35**: 314-318.

TAVARES W. S., CRUZ I., PETACCI F., JÚNIOR S. L. A., FREITAS S. S., ZANUNCIO J. C., SERRÃO J. E. 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Industrial Crops and Products*, **30**: 384–388.

TIAGO E. F., PEREIRA F. F., KASSAB S. O., BARBOSA R. H., CARDOSO C. R. G., SANOMIA W. Y., PEREIRA H. C., SILVA RO. M. M. F., ZANUNCIO J. C. 2019. C.Biological Quality of *Tetrastichus Howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) Reared with *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) Pupae after Cold Storage. *Florida entomologist*, **102**: 571-576.

VAN-DRIESCHE R. G. V., BELLOWS T. S. **Biological Control**. New York: Chapman & Hall, 1996. 539 p.

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

VARGAS E. L., PEREIRA F. F., TAVARES M. T., PASTORI P. L. 2011. Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil, *Entomotropica*, **26**: 143-146.

VARGAS H. A. 2007. Dos nuevas especies de *Iridopsis* Warren (Lepidoptera, Geometridae) del norte de Chile. *Revista Brasileira de Entomologia* **51**: 138-141. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262007000200003>

VARGAS H. A. 2014. First host plant records for *Iridopsis hausmanni* Vargas (Lepidoptera, Geometridae) in the coastal valleys of northern Chile. *Revista Brasileira de Entomologia* **58**: 95-97. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262014000100015>

VARGAS H. A., 2021. *Iridopsis socoromaensis* sp. n., a geometrid moth (Lepidoptera, Geometridae) from the Andes of northern Chile. **Biodiversity**, Universidad Tarapacá, Arica, Chile. DOI: 10.3897/BDJ.9. e61592.

VARGAS H. A., HAUSMANN A., PARRA L. E. 2020. A new species of *Macaria Curtis* (Lepidoptera: Geometridae: Ennominae) from the Andes of northern Chile. *Revista Brasileira de Entomologia* **64**: 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2020-0016>

VARGAS H. A., PARRA L. E. 2013. Estados inmaduros de *Iridopsis parrai* (Lepidoptera: Geometridae). *Revista Colombiana de Entomologia*, **39**: 105-112.

VECHI A. de., MAGALHÃES JÚNIOR C.A. de O. Aspectos Positivos e Negativos da Cultura do Eucalipto e os Efeitos Ambientais do seu Cultivo. *Revista Valore*, **3**: 495-507, 2018.

WANG-DUN., BAI-YAOYU., ZAHANG-CHUANXI. 2004. A review on the nutritive value of silk worm pupae and its exploitation. *Entomological Knowledge*, 41: 418-421.

WILCKEN, C.F., SANTOS, F.A.E., AND PEREIRA, F.F. 2021. **Lagartas medideira do eucalipto *Iridopsis panopla* (Lepidoptera:Geometridae): surtos em florestas de eucalipto no MS.** Programa de proteção florestal – PROTEF/IPEF – Alerta Profet. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. 11 pp.

ZACHÉ B., WILCKEN C. F., COSTA R. R., SOLIMAN E. P. 2010. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), a new parasitoid

of *Melanolophia consimilaria* (Lepidoptera: Geometridae). *Phytoparasitica*, **38**: 355-357.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-010-0108-6>

ZACHÉ B., WILCKEN C. F., ZACHE R. R. C., SOUZA N. M. 2012. Novo registro de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), como parasitóide de *Spodoptera cosmioides* Walker, 1858 (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Biota Neotropica*, **12**: 319-322. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000100024>.

ZAMPERLINI B., ZANUNCIO J.C., LEITE J.E.M., BRAGANÇA M.A.L. 1992. Influência da alimentação de *Tenebrio molitor* L. 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) no desenvolvimento ninfal de *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 (Hemiptera: Pentatomidae). *Revista Árvore*, **16**: 224-203.

ZANUNCIO, J.C. **Manual de pragas em florestas - Lepidópteros desfolhadores de eucalipto: biologia, ecologia e controle**. IPEF/SIF, Viçosa, MG, Brasil. 140p, 1993.

ZANUNCIO J. C., LEMES P. G., SANTOS G. P., SOARES M. A., WILCKEN C. F., SERRÃO J. E. 2014. Population Dynamics of Lepidoptera Pests in Eucalyptus urophylla Plantations in the Brazilian Amazonia. *Forests*, **5**: 72-87.

ZANUNCIO J.C., LEMOS W.P., LACERDA M.C., ZANUNCIO T.V., SERRÃO J.E., BAUCE E. 2006. Age-dependent fecundity and fertility life tables of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) under field conditions. *Journal of Economic Entomology*, **99**: 401-407.

ZANUNCIO J. C., PEREIRA F. F., JACQUES G. C., TAVARES M. T., SERRÃO J. E., 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin*, **62**: 64-66.

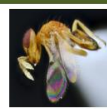
ZANUNCIO JUNIOR J. S., VIANNA U. R., ZANUNCIO J. C., PEREIRA F.F. 2012. Técnica de criação de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae). In: RATISSOLI, D. **Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais**. Vitória: EDUFES, 308p. ISBN: 978-85-7772-121-4.

ZHENG Y. H., ZHENG L. X., LIAO Y. L., WU W. J. 2016. Sexual dimorphism in antennal morphology and sensilla ultrastructure of a pupal endoparasitoid *Tetrastichus*

howardi Olliff (Hymenoptera: Eulophidae). *Microscopy Research and Technique*, **79**: 374-384. DOI: <https://doi.org/10.1002/jemt.22640>.

Capítulo I

Primeiro registro de *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto no Mato Grosso do Sul, Brasil



Primeiro registro de *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto no Mato Grosso do Sul, Brasil

Jéssica T. Lucchetta¹, Fabricio F. Pereira^{1*}, Carlos R.G. Cardoso¹, Carlos F. Wilcken², Fábio A. dos Santos², Izabella de L. Palombo¹, Juliana P. Santos¹, Luciano F.N. Ramos³, Bruna C. Simoneli⁴, and Marcelo T. Tavares⁴.

¹Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, 79.804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil,

²Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Avenida Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, 18.610-034, Botucatu, São Paulo, Brazil,

³Eldorado Brasil Celulose, Rodovia BR-158, Km 231, 79.641-300, Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brazil, and

⁴Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Fernando Ferrari, 514, 29.075-910, Vitória, Espírito Santo, Brazil.

*Corresponding author. Email: fabriciofagundes@ufgd.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-1638-7409>

* Este artigo está de acordo com as normas do periódico “The Canadian Entomologist” e foi aceito para publicação (*prelo*).

RESUMO

Thyrinteina arnobia (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) e *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) são lepidópteros desfolhadores de eucalipto. Pupas de *I. panopla* foram coletadas naturalmente em plantio comercial de *Eucalyptus grandis*, em Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, Brasil. As pupas foram individualizadas e após 18 dias da coleta, ocorreu a emergência natural de *Brachymeria annulata* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Chalcididae) e *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) das pupas de *I. panopla*. Os aspectos biológicos dos parasitoides foram avaliados em condições de laboratório, sendo este o primeiro registro para eucalipto no Brasil.

Palavras-chave: Controle Biológico; Eulophidae; endoparasitoide.

ABSTRACT

Thyrinteina arnobia (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) and *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) are eucalyptus defoliating lepidopterans. Pupae of *I. panopla* were collected naturally in a commercial plantation of *Eucalyptus grandis*, in Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, Brazil. The pupae were individualized and after 18 days of collection, the natural emergence of *Brachymeria annulata* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) from the pupae of *I. panopla*. The biological aspects of the parasitoids were evaluated under laboratory conditions, this being the first record for eucalyptus in Brazil.

Keywords: Biological Control; Eulophidae; endoparasitoid.

Thyriniteina arnobia (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) e *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) são lepidópteros desfolhadores que nos últimos anos, têm alcançado níveis populacionais elevados, especialmente na cultura do eucalipto no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A ocorrência associada destes lepidópteros desfolhadores e seus danos, foram registradas em 181.174 hectares, de acordo com o monitoramento realizado pelos silvicultores de 13 empresas, cultivados com eucalipto, com forte tendência de aumento, devido a vários fatores, entre eles, as condições climáticas favoráveis no ano de 2021 (Wilcken *et al.* 2021).

Parasitoides são importantes inimigos naturais de lepidópteros, os quais podem ser utilizados no controle de pragas da agricultura e florestas plantadas e dentre eles destacam-se *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) (Pereira *et al.* 2008) e *Brachymeria annulata* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Chalcididae) (Santos-Murgas *et al.* 2021). *Trichospilus diatraeae* é um endoparasitoide, gregário que se desenvolve, principalmente, em pupas de *T. arnobia* em eucalipto (Pastori *et al.* 2012).

Brachymeria annulata é um parasitoide que tem capacidade de parasitar pré-pupas e pupas de alguns lepidópteros, como foi registrado em pré-pupas de *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) e após completar o seu ciclo de vida, emerge apenas um indivíduo descendente por pupa, sendo por isso considerado um parasitoide solitário (Santos *et al.* 2017). Existem algumas exceções, como o caso do registro de parasitismo em pupas de *Talides hispa* Evans, 1995 (Lepidoptera: Hesperidae) por *B. annulata* no Panamá, com emergência de 2 a 3 parasitoides por hospedeiro (Santos-Murgas *et al.* 2021).

Não há relatos na literatura que comprovem o registro natural e aspectos biológicos de *B. annulata* e *T. diatraeae* em pupa de *I. panopla*, o que nos motivou a realizar este trabalho.

Duzentas pupas de um lepidóptero desfolhador desconhecido foram coletadas em plantio comercial de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul (Latitude 21; 3; 22.1399999999, Longitude 53; 48; 4.806000000011, Altitude 516 metros), no dia 27 de maio de 2019. As pupas foram individualizadas em potes do tipo coletor universal de 80 mL e conduzidas ao Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) (22° 11'56,56'' S, 54° 56' 1,396'' W) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande

Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, e mantidos em sala climatizada para observação de uma possível emergência de mariposas ou de parasitoides.

Um lote de cem pupas foi separado para avaliação do parasitismo natural e após 18 dias emergiram das pupas, parasitoides da família Chalcididae, sendo 55% de parasitismo e emergência de apenas um indivíduo de cada pupa do inseto-praga, ou seja, ocorreu a emergência de um total de 55 indivíduos descendentes de Chalcididae. Em duas pupas, das pupas restantes ocorreu a emergência de insetos parasitoides da família Eulophidae. As duas espécies parasitoides foram enviadas ao professor Dr. Marcelo Teixeira Tavares, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo. Os parasitoides foram identificados como *Brachymeria annulata* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Chalcididae) (Figura 1) e *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) (Figura 2). Dos 55% das pupas que estavam parasitadas por *B. annulata*, ocorreu a emergência de apenas um indivíduo adulto de *B. annulata*. Por outro lado, das outras duas pupas parasitadas emergiram $168,50 \pm 41,50$ indivíduos de *T. diatraeae*, com razão sexual de $0,88 \pm 0,02$. Este resultado nos permite evidenciar que *B. annulata* e *T. diatraeae* conseguem encontrar, parasitar, se desenvolver e emergir de pupas de *I. panopla*, no campo naturalmente, sendo este o primeiro registro no Brasil, em Mato Grosso do Sul.

Os coautores Carlos Frederico Wilcken e Fábio Araújo dos Santos coletaram e enviaram adultos do lepidóptero ao Prof. Dr. Alberto Soares Côrrea, do Laboratório de Ecologia Molecular de Artrópodes, Departamento de Entomologia e Acarologia, da ESALQ/USP, para a identificação por técnicas moleculares. Foi amplificado e sequenciado a região do gene mitocondrial COI do DNA da amostra enviada e comparado com o banco de dados BOLD, obtendo 100% de homologia com a espécie *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae), espécie também presente na Argentina (Wilcken *et al.* 2021).

Biologia de *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla*.

Lagartas de *I. panopla* foram criadas em galhos de eucalipto revestidos com gaiolas de tecido organza até a fase de pupas. Quinze pupas de 24 horas de idade com faixa de peso de 63 a 185 miligramas foram individualizadas em potes de plástico do tipo coletor universal de 80 mL com uma fêmea de *T. diatraeae* com 48 horas de idade, sendo permitido o parasitismo por 24 horas em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 20\%$ e fotoperíodo de 14 horas.

Após este período, as fêmeas do parasitoide foram removidas. Para constatar a viabilidade do hospedeiro, 15 pupas de *I. panopla* foram individualizadas nas mesmas condições anteriormente citadas, sem a presença dos parasitoides (controle negativo), para determinar o número de adultos de *I. panopla* emergidos e a sua mortalidade natural. A porcentagem de parasitismo (%P) [(número de pupas de *I. panopla* com emergência de parasitoides + pupas sem emergência de adultos de *I. panopla* / (número total de pupas) × 100]; porcentagem de emergência (%E) [(número de pupas de *I. panopla* com emergência de adultos dos parasitoides) / (número de pupas parasitadas) × 100]; duração do ciclo de vida (período de desenvolvimento do parasitoide imaturo contado a partir do dia do parasitismo até a emergência do adulto); progênie total (número de parasitoides emergidos por hospedeiro parasitado); razão sexual (número de fêmeas/número total de parasitoides emergidos) e a longevidade média de adultos (machos e fêmeas), foram as características biológicas avaliadas.

As porcentagens de parasitismo e de emergência de *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* foi de $93,33 \pm 6,67$ e $46,67 \pm 17,64$, respectivamente (Tabela 1). Não sendo constatada mortalidade natural de pupas de *I. panopla*, quando estas não foram submetidas ao parasitismo de *T. diatraeae*. Isto significa que as pupas que foram colocadas em contato com o parasitoide e morreram, de fato foram parasitadas.

Isto é importante, pois diminui a reprodução do inseto-praga e permite que a população do parasitoide se estabeleça no campo. Estes índices de parasitismo e emergência são próximos dos encontrados para *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *T. arnobia*, o principal lepidóptero desfolhador de eucalipto (Barbosa *et al.* 2016). A duração do ciclo de vida (ovo-adulto) e progênie total de *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* foi de $25,33 \pm 0,88$ dias e $64,08 \pm 27,98$ indivíduos, respectivamente.

A razão sexual de *T. diatraeae* foi $0,89 \pm 0,06$. A longevidade de fêmeas e de machos adultos de *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* foi $12,86 \pm 0,75$ e $10,60 \pm 1,12$ dias, respectivamente.

Metade das pupas de *I. panopla* foram parasitadas por *B. annulata* em condições naturais, e embora tenha ocorrido a emergência de apenas um indivíduo por pupa, trata-se de um excelente resultado para o equilíbrio populacional de *I. panopla* em eucalipto, tendo em vista que as pupas deste lepidóptero ficam sob o solo e na serapilheira e considerando este parasitoide com habilidade de parasitismo mesmo dessas condições ambientais de difícil acesso. Trabalhos relacionados as técnicas de criação em laboratório devem ser realizados, para que a eficiência de *B. annulata* possa ser avaliada, visando ao controle biológico aplicado dessa praga. Por outro lado, emergiram $168,50 \pm 41,50$ indivíduos de *T. diatraeae* em pupa de *I. panopla* com razão sexual de $0,88 \pm 0,02$, mas o parasitismo natural foi de apenas 2%.

Como já existe uma técnica de criação estabelecida para *T. diatraeae*, este parasitoide pupal poderá ser avaliado em programas de controle aplicado de *I. panopla*, já que em condições de laboratório, o parasitismo de *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* foi acima de 90%.

A duração do ciclo de vida, a emergência, razão sexual e longevidade de machos e fêmeas de *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* foram próximas das encontradas para *T. diatraeae* em *T. arnobia* (Zaché *et al.* 2011), considerada praga primária em eucalipto, e que este parasitoide tem sido utilizado para seu controle. Este é o primeiro registro do parasitismo natural e aspectos biológicos de *B. annulata* e *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* no Brasil.

Novos estudos devem ser conduzidos para verificar a eficiência biológica desses parasitoides pupais em condições de laboratório, semi-campo e campo, para que possam ser registrados como produtos biológicos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e possam ser utilizados por silvicultores para controle de *I. panopla* em eucalipto.

AGRADECIMENTOS - Ao professor Dr. Alberto Soares Côrrea, ESALQ/PIRACICABA-SP, pela identificação molecular de *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae). Ao professor Dr. Marcelo Teixeira Tavares, UFES/VITÓRIA – ES, pela identificação dos parasitoides *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de pesquisa. Ao CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processos 304055/2019-0; 437490/2018-1), pelo apoio financeiro para realização da pesquisa. A REFLORE – Associação Sul-Mato-Grossense de produtores e consumidores de florestas plantadas, pelo apoio humanitário e financeiro para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, R.H., Pereira, F.F., Motomiya, A.V.A., Kassab, S.O., Rossoni, C., Torres, J.B., *et al.* 2019. *Tetrastichus howardi* density and dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer. *Neotropical Entomology*, **48**: 323–331. <https://dx.doi.org/10.1007/s13744-018-0646-z>.
- Barbosa, R.H., Zanuncio, J.C., Pereira, F.F., Kassab, S.O., and Rossoni, C. 2016. Foraging activity of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) at various densities on pupae of the eucalyptus defoliator *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). *Florida Entomologist*, **99**: 121–127. <https://doi.org/10.1653/024.099.0417>.
- Bouček, Z. 1976. The African and Asiatic species of *Trichospilus* and *Cotterellia* (Hymenoptera, Eulophidae). *Bulletin of Entomological Research*, **65**: 669–681. <https://doi.org/10.1017/s0007485300006362>.
- Bouček, Z. and Delvare, G. 1992. The identities of species described or classified under *Chalcis* by J.C. Fabricius. *Memoirs of the American Entomological Institute*, **53**: 11–48. Available from <https://www.gbif.org/pt/species/173348034> [accessed 19 November 2021].
- Candelária, M.C., Souza, A.R., Jorge, C., Becchi, L.K., Poretz, B.O., Wilcken, C.F., *et al.* 2017. Parasitoides associados à *Thyriniteina arnobia* (Geometridae). In: *Simpósio de Controle Biológico*, 15. Ribeirão Preto – SP Annais. Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP). Resumo: 593–362. Available from <http://seb.org.br/siconbiol2017/resumos/R0593-362.html> [accessed 16 August 2021].

- Dall'Oglio, O.T., Ribeiro, R.C., Ramalho, F.S., Fernandes, F.L., Wilcken, C.F., Assis Júnior, S.L., et al. 2016. Can the understory affect the Hymenoptera parasitoids in a eucalyptus plantation? PLOS One, **11**: 01–11.
<https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0151165>.
- Dal Molin, A. 2018. Secagem química de pequenos artrópodes (PT-BR) [online].
Protocols.io. <https://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.s9aeh2e>.
- Geraldo, M. 2011. Larvas de Geometridae e seus parasitoides em sub-bosque native, na Universidade Federal de São Carlos, Campus São Carlos, Estado de São Paulo.
Dissertação. Available from
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/2046/3954.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [accessed 22 November 2021].
- Narendran, T.C. 2011. Fauna of India and adjacent countries: Eulophinae (Hymenoptera: Eulophidae). Zoological Survey of India, Kolkata, India. 342 pp.
Available from <http://faunaofindia.nic.in/PDFVolumes/fi/055/index.pdf> [accessed 16 August 2021].
- Pastori, P.L., Pereira, F.F., Andrade, G.S., Silva, R.O., Zanuncio, J.C., Pereira, A.I.A., et al. 2012. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) in pupae of two lepidopterans defoliators of eucalypt. Revista Colombiana de Entomología, **38**: 91–93. Available from
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012004882012000100015&lng=en&nrm=iso [accessed 2 July 2021].

- Pereira, F.F., Pastori, P.L., Kassab, S.O., Torres, J.B., Cardoso, C.R.G., Fernandes, W.C., et al. 2021. Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. *In* Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura Brasileira, Piracicaba. *Edited by* J.R.P. Parra, A.S. Pinto, D.E. Nava, R.C. Oliveira, and A.J.F. Diniz. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. Pp.317–361.
- Pereira, F.F., Zanuncio, J.C., Tavares, M.T., Pastori, P.L., and Jacques, G.C. 2008. Record of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyrintea arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) in Brazil. *Phytoparasitica*, **36**: 304–306. <https://dx.doi.org/10.1007/BF02980777>.
- Santos, R.S., Tavares, M.T., Sutil, W.P., Vasconcelos, A.S., Azevedo, T.S., Diogo, B.S., et al. 2017. Parasitismo de *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) em *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae). *Convibra Agronomia*, **5**: 1–7. Available from <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1071851> [accessed 19 November 2021].
- Santos-Murgas, A., Gutiérrez-Lanzas, J.J., and Lanuza-Garay, A. 2021. Registro de parasitismo de *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) en pupas de *Talides hispa* Evans, 1955 (Lepidoptera: Hesperiiidae) en Panamá. *Poeyana*, 512. Available from <http://revistasgeotech.com/index.php/poey/article/view/343> [accessed 2 July 2021].
- Silva, I.M., Zanuncio, T.V., Pereira, J.M.M., Wilcken, C.F., Pereira, F.F., Serrão, J.E., and Zanuncio, J.C. 2014. Density of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) pupae. *Arthropod Biology*, **107**: 826–832.

- Souza, N.M.D., Junqueira, L.R., Wilcken, C.F., Soliman, E.P., Camargo, M.B., Nickele, M.A., *et al.* 2016. *Gonipterus platensis* (Coleoptera: Curculionidae): infestação em eucalipto, aspectos morfológicos e biológicos e controle. Circular técnica, 209. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. 20 pp. Available from [https:// https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr209.pdf](https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr209.pdf) [accessed 19 November 2021].
- Ubaidillah, R. 2006. Eulophine parasitoids of the genus *Trichospilus* in Indonesia, with the description of two new species (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomological Science*, **9**: 217–222. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2006.00167.x>.
- Vargas, E.L., Pereira, F.F., Calado, V.R.F., Glaeser, D.F., Rodrigues, B.A.C., and Silva, N.V. 2014. Females density of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) on pupae of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) [online]. *Sitentibus série Ciências Biológicas*, **13**: 13–19. DOI: 10.13102/scb227.
- Vargas, H.A. 2007. First host plant records for *Iridopsis hausmanni* Vargas (Lepidoptera, Geometridae) in the coastal valleys of northern Chile. *Revista Brasileira de Entomologia*. **51**: 2. <https://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262014000100015>.
- Wilcken, C.F., Santos, F.A.E., and Pereira, F.F. 2021. Lagartas medideira do eucalipto *Iridopsis panopla* (Lepidoptera:Geometridae): surtos em florestas de eucalipto no MS. Programa de proteção florestal – PROTEF/IPEF – Alerta Protef. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. 11 pp.
- Zaché, B., Wilcken, C.F., Costa, R.R., and Soliman, E.P. 2010. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), a new parasitoid of *Melanolophia consimilaria* (Lepidoptera: Geometridae). *Phytoparasitica*, **38**: 355–357. <http://dx.doi.org/10.1007/s12600-010-0108-6>.

- Zaché, B., Zaché, R.R.C., and Wilcken, C.F. 2011. Diferentes densidades de *Trichospilus diatreae* (Hymenoptera: Eulophidae) e seu desenvolvimento sobre pupas de *Thyrintaina arnobia* (Lepdoptera: Geometridae). Boletim de Sanidad Vegetal Plagas, **37**: 187–193. Available from <http://hdl.handle.net/11449/5611> [accessed 2 July 2021].
- Zanuncio, J.C., Santos, G.P., Sartório, R.C., Anjos, N., and Martins, L.C.C. 1989. Levantamento e flutuação populacional de lepidópteros associados à eucaliptocultura: 3 – região do alto são francisco, Minas Gerais, Março de 1988 a Fevereiro de 1989, IPEF **41/42**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. Pp. 77–82. Available from: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr41-42/cap10.pdf> [accessed 22 November 2021].

Tabela 1. Características Biológicas de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros.

Hospedeiros	Parasitismo (%)	Emergência (%)	Ovo - adulto	Progênie	Razão sexual	(n)	Temperatura (° C)	Umidade relativa (%)	Fotoperíodo	Referência
<i>Thyrinteina arnobia</i>	33.3 ± 12.2	31.8 ± 2.1	21.1 ± 2.9	31.4 ± 4.3	1	12	26.0 ± 2.0	60.00 ± 0,0	12 hours	Zaché <i>et al.</i> 2011
<i>Diaphania hyalinata</i>	100.0	100.0	17.1 ± 0.0	83.9 ± 0.0	0.91 ± 0.0	12	25.0 ± 2.2	70.0 ± 10.8	12 hours	Silva <i>et al.</i> 2014
<i>Diatraea saccharalis</i>	100.0	100.0	19.3 ± 0.2	106.0 ± 12.3	0.97 ± 0.01	12	25.0 ± 2.0	70.0 ± 10.0	14 hours	Vargas <i>et al.</i> 2014



Figura 1. *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae).



Figura 2. *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae).

Capítulo II

Performance biológica de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros



RESUMO

O sucesso de programas de controle biológico de pragas utilizando parasitoide depende de diversos fatores. Entre eles, destaca-se a produção em laboratório destes inimigos naturais em grande quantidade e com qualidade semelhante aos encontrados na natureza. O uso de parasitoides no controle de lepidópteros desfolhadores, vem crescendo no setor florestal, o que nos motivou a selecionar qual melhor hospedeiro de criação para *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae), visando futuras liberações em plantios comerciais de eucalipto. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Pupas de *Diatraea saccharalis*, *Tenebrio molitor* e *Anticarsia gammatalis* com 24 a 72 horas de idade foram expostas ao parasitismo por fêmeas alimentadas com mel puro, de *T. howardi* com 24 horas, de *P. elaeisis* com 96 horas e de *T. diatraeae* com 72 horas, na proporção 25/5 parasitoide/hospedeiro em recipientes do tipo coletor universal de 80mL. Após 24 horas em contato com as pupas, as fêmeas dos parasitoides foram removidas e as pupas foram mantidas em sala climatizada a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 14 h de fotofase e $70\pm 10\%$ umidade relativa até a emergência dos descendentes. De maneira geral, pupas de *D. saccharalis* e de *A. gammatalis* foram as quais apresentaram as melhores características para criação de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae*, em laboratório, com 100% de parasitismo e emergência. Enquanto a pupa de *T. molitor* foi adequada apenas para criação de *P. elaeisis*.

Palavras-chaves: Controle biológico, Eulofídeos, Parasitoide pupal, criação massal, características biológicas do hospedeiro.

ABSTRACT

The success of biological pest control programs using parasitoids depends on several factors. Among them, the laboratory production of these natural enemies in large quantities and with quality similar to those found in nature stands out. The use of parasitoids in the control of defoliating lepidopterans has been increasing in the forestry sector, which motivated us to select the best breeding host for *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* and *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae), aiming at future releases in commercial eucalyptus plantations. . The experiment was carried out at the Laboratory of Biological Control of Insects (LECOBIOL) of the Faculty of Biological and Environmental Sciences (FCBA) of the Federal University of Grande Dourados (UFGD). Pupae of *Diatraea saccharalis*, *Tenebrio molitor* and *Anticarsia gammatalis* with 24 to 72 hours of age were exposed to parasitism by females fed on pure honey, *T. howardi* with 24 hours, *P. elaeisis* with 96 hours and *T. diatraeae* with 72 hours. hours, in the proportion 25/5 parasitoid/host in containers of the universal collector type of 80mL. After 24 hours in contact with the pupae, the female parasitoids were removed and the pupae were kept in an acclimatized room at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 14 h of photophase and $70\pm 10\%$ relative humidity until the emergence of the offspring. In general, pupae of *D. saccharalis* and *A. gammatalis* showed the best characteristics for rearing *T. howardi*, *P. elaeisis* *T. diatraeae*, in the laboratory, with 100% parasitism and emergence. While the pupae of *T. molitor* were only suitable for breeding *P. elaeisis*.

Keywords: Biological control, Eulophids, Pupal parasitoid, mass rearing, biological characteristics of the host.

INTRODUÇÃO

Existem vários trabalhos que comprovam a capacidade de parasitismo de *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Delvare & La Salle, 1993) e *Trichospilus diatraeae* (Cherian & Margabandhu, 1942) (Hymenoptera: Eulophidae), visando desenvolver métodos de criação e liberação em campo. Alguns exemplos de hospedeiros de sucesso no parasitismo são *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), principal praga da cana de açúcar (BARBOSA et al., 2018), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) espécie chave do milho (LUCCHETTA, 2016), *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja (FERNANDES, 2018) e *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) em brássicas (TIAGO, 2019).

Tetrastichus howardi é um endoparasitoide, polífago e gregário, o qual tem a capacidade de parasitar variados hospedeiros e se desenvolvem vários descendentes parasitoides de um único hospedeiro. É utilizado como agente potencial no controle biológico de diferentes lepidópteros-praga de importância agrícola (BAITHA et al., 2004; PRASAD et al., 2007; LA SALLE e POLASZEK, 2007). Cabe destacar que *T. howardi* possui um diferencial, que é a capacidade de parasitar diferentes fases do hospedeiro, como lagartas, pré-pupas, pupas e até adultos, como no caso de *D. saccharalis* (VARGAS et al., 2011; PEREIRA et al., 2015) em lagartas e pupas de *S. frugiperda* (LUCCHETTA, 2016) e no exemplo de parasitismo de pré-pupas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) (FERNANDES, 2018).

Palmistichus elaeisis Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae) é outro endoparasitoide gregário, polífago, com potencial de parasitar pupas de Lepidoptera (PEREIRA et al., 2008; PEREIRA et al., 2010). Já foi relatado o parasitismo em pupas de *Thyriniteina leucoceraea* (Rindge, 1961) (Lepidoptera: Geometridae) e *T. arnobia* (Stoll, 1782), espécies que causam grandes danos em cultivos de eucalipto (PEREIRA et al., 2008). *Trichospilus diatraeae* é outro parasitoide, da mesma família, é um endoparasitoide com preferência por pupas de lepidópteros, já amplamente estudado em outros países da África, Ásia e Américas (PARON e BERTI FILHO, 2000).

A seleção do hospedeiros adequado para criação do parasitoide só será vantajosa quando estes possuem baixo custo de produção, facilidade na criação, alta capacidade de reprodução e que não afetem a eficiência do parasitoide quando for preciso se desenvolver em seu hospedeiro natural (PEREIRA et al., 2010b).

A utilização de pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) (ZANUNCIO et al., 2008; FÁVERO et al., 2013) e de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) são exemplos de hospedeiros alternativos viáveis para criação de de *T. howardi*, *P. elaeisis*, *T. diatraeae*. Pupas de *B. mori* permitem a produção de *T. howardi* de excelente qualidade, o que está diretamente relacionado ao tamanho da pupa, mesmo comparado com o hospedeiro natural *D. saccharalis*, sem a redução da sua eficiência de parasitismo (FERREIRA et al., 2016). Outro ponto importante a ser observado é a densidade de parasitoides por hospedeiro, ou seja, o número de parasitoides por pupa, que pode afetar as características biológicas como o parasitismo, emergência, a progênie, a razão sexual da progênie, a duração do ciclo de vida (ovo-adulto) e a longevidade de adultos. Dessa forma, a definição da proporção ideal de fêmeas por pupa pode assegurar a qualidade de indivíduos produzidos em larga escala (PEREIRA et al., 2010a).

A biologia, bem como as técnicas de criação em pequena escala desses parasitoides já são conhecidas e bem estabelecidas em laboratório (PEREIRA et al., 2021). Por isto, a eficiência desses agentes de controle biológico para o manejo dos lepidópteros desfolhadores merece ser estudada a nível de semi-campo e campo. Existem algumas etapas que são fundamentais para que se obtenha um programa de controle biológico aplicado de sucesso, como a identificação do inimigo natural, estudos de biologia das espécies em questão, determinação de metodologia de criação de cada espécie, estabelecimento de uma criação em pequena escala, estudos em semi-campo e campo, estabelecimento de um criação em grande escala, custo de produção dos agentes biológicos e transferência da tecnologia ao produtor ou empresas (PARRA et al., 2021).

Portanto, o objetivo foi avaliar as características biológicas de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* em pupas de *D. saccharalis*, *T. molitor* ou *A. gemmatalis*, por meio de uma nova metodologia, afim de otimizar o processo de criação de maneira geral, visando estabelecer qual melhor hospedeiro para o desenvolvimento de cada espécie de parasitoide, no intuito de aumentar o nível da criação, sem perder a qualidade para futuras liberações de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* em plantios comerciais de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nas dependências do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL), pertencentes a Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Para realização dos experimentos, foi necessário a manutenção da criação das três espécies de hospedeiros e das três espécies de parasitoides, conforme metodologia a seguir.

Criação dos hospedeiros

Anticarsia gemmatalis

Papéis contendo ovos de *A. gemmatalis* da criação estoque do Lecobiol, foram colocados em recipientes plásticos com capacidade de 3,5 litros, contendo dieta a base de feijão, germe-de-trigo, proteína de soja, além de vitaminas e minerais (Adaptada de GREENE et al., 1976). Após 3 dias ocorreu a eclosão das lagartas neonatas de *A. gemmatalis* as quais se alimentam da dieta.

A troca da dieta, limpeza e substituição dos potes, foram realizados diariamente, a fase larval passa por 5 a 6 instares de desenvolvimento, as pré-pupas não se alimentam, ficam em posição encurvada e enrugada, esta fase dura aproximadamente 24h, até se tornarem pupas completamente formadas, fase sésil de desenvolvimento do inseto. Nas gaiolas foram colocadas 50 pupas para se transformarem em adultos em sala separada, para que não ocorresse contaminação pelas escamas das asas das mariposas e, os adultos foram alimentados com dieta líquida a base de mel e açúcar embebidas em algodão. As gaiolas foram previamente forradas internamente com folhas de papel sulfite, na qual as mariposas o utilizaram como substrato para oviposição. O papel contendo ovos era retirado e inicia-se o ciclo novamente, a criação foi realizada em sala climatizada à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas (Figura 1) (ZANUNCIO JUNIOR et., 2012).



Figura 1- Esquema de criação de *A. gemmatalis* no Lecobiol.

Diatraea saccharalis

Pupas de *D. saccharalis* foram adquiridas na empresa Biocana®, em Pontal – São Paulo, as pupas foram sexadas e 20 casais foram colocados em gaiolas confeccionadas de canos de PVC, previamente forradas com papel sulfite até a emergência dos adultos. Após a emergência das mariposas ocorre o acasalamento e as fêmeas colocam seus ovos na parede da gaiola. Posteriormente, a folha de papel sulfite com os ovos foram retiradas e imersas em água e sulfato de cobre (1,0%) durante dois minutos para desinfecção e colocadas para secar. A coloração dos ovos vai modificando com o passar dos dias, quando os ovos estão de coloração escura, demonstra que está próximo da eclosão. Então o papel é recortado de acordo com os espaços em que estão os ovos e colocados nos vidros contendo dieta artificial modificada de Hensley e Hammond (1968), a base de farelo de soja, germe de trigo, vitaminas e sais minerais. Os vidros foram mantidos em sala climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h.

Ao atingir o terceiro instar, foi preparada a dieta de realimentação para as lagartas, em uma de Petri descartáveis (60 x 16 mm) foi colocado uma porção da dieta de realimentação (semelhante a dieta de alimentação, exceto pela adição de ácido acético e remoção de sais de Wesson e germe de trigo) juntamente com 5 lagartas, onde elas permaneceram até a formação de pupas, após as pupas são coletadas e inicia o ciclo novamente (Figura 2) (PARRA, 2007).

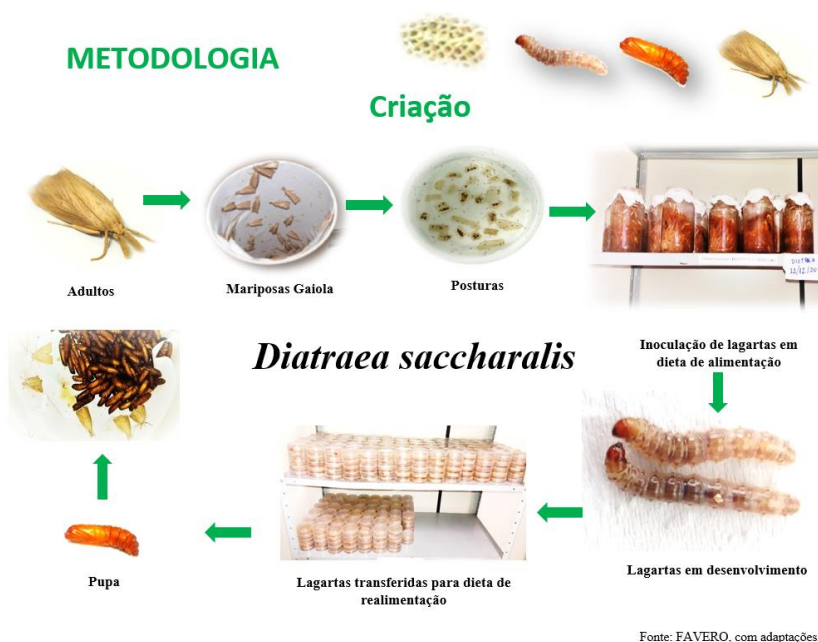


Figura 2- Esquema de criação de *D. saccharalis* no Lecobiol.

Tenebrio molitor

Foi preparada uma dieta artificial a base de farelo de trigo (2,5kg), levedo de cerveja (0,67g) e germe de trigo (200g), acondicionadas em caixas plásticas brancas com tampa e capacidade de 13 litros. As tampas dessas caixas foram previamente recortadas nas medidas de 15x10cm, aproximadamente, e coberto com tecido tipo voil e fixado com cola quente, para permitir a entrada de ar. Em seguida foi adicionado a essas caixas 400 a 500gr de larvas de 3º instar ou adultos de *T. molitor*. Onde foram mantidos em ambiente de pouca luz, em temperatura entre 26°C e 28°C.

Duas vezes por semana foi adicionado às caixas da dieta artificial, 4 fatias de chuchu, ou folhas de couve, ou toletes de cana-de-açúcar, como fonte de água. A cada 20 dias era peneirada a dieta das caixas, assim as larvas ficavam retidas na peneira e em seguida eram colocadas em uma outra caixa com dieta nova, sempre tomando muito cuidado para não deixar que as larvas menores não fujam pela tela da peneira. A cada 15 dias eram peneiradas as dietas novamente, porém com uma peneira de tela maior para que as larvas de primeiro instar e os ovos passem pela peneira e foram acondicionados em uma nova caixa de dieta e, os adultos vivos retirados e colocados em uma nova caixa separadamente, enquanto os mortos eram descartados.

Juntamente na caixa dos adultos foi colocado uma caixa de ovo de papelão, que servia como substrato, para proteção e alimentação dos adultos. As pupas de *T. molitor* foram retiradas diariamente, parte era utilizada para manutenção da criação dos parasitoides e parte aguardou-se a emergência dos adultos, para dar sequência no ciclo. A fase de pupa dura em média 10 dias. O ciclo de vida total dura em média 4 a 5 meses (Figura 3) (PARRA, 2007).



CARTILHA DE CRIAÇÃO DE *Tenebrio molitor* PARA INICIANTES. Casé O. et al., 2021. Com adaptações.

Figura 3- Esquema de criação de *T. molitor* no Lecobiol.

Criação dos parasitoides

Tetrastichus howardi

Adultos de *T. howardi*, de 24 horas de idade, obtidos da criação estoque do laboratório, foram mantidos em tubos de ensaio (15 × 1 cm) tampados com algodão e contendo uma gotícula de mel puro (alimento para os insetos). Para a manutenção da criação, pupas dos hospedeiros: *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *T. molitor*, com 24 a 72 horas de idade foram expostas ao parasitismo, à 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas até a emergência da progênie (VARGAS et al., 2011).

Trichospilus diatraeae

Adultos de *T. diatraeae*, de 48 horas de idade, obtidos da criação estoque do laboratório, foram mantidos em tubos de ensaio (15 × 1 cm) tampados com algodão e contendo uma gotícula de mel puro (alimento para os insetos). Para a manutenção da criação, pupas dos hospedeiros: *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *T. molitor*, com 24 a 72 horas de idade foram expostas ao parasitismo, à 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas até a emergência da progênie (VARGAS et al., 2011).

Palmistichus elaeisis

Adultos de *P. elaeisis*, de 72 horas de idade, obtidos da criação estoque do laboratório, foram mantidos em tubos de ensaio (15 × 1 cm) tampados com algodão e contendo uma gotícula de mel puro (alimento para os insetos). Para a manutenção da criação, pupas dos hospedeiros: *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *T. molitor*, com 24 a 72 horas de idade foram expostas ao parasitismo, à 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas até a emergência da progênie (VARGAS et al., 2011).



Figura 3- Esquema de criação de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* no Lecobiol.

Desenvolvimento experimental

Testes preliminares foram realizados para a escolha do frasco, foi analisado o parasitismo e desenvolvimento dos parasitoides em frascos do tipo coletor universal de 80mL, em boleiras descartáveis redondas de tamanho médio e pequeno, boleiras de plástico resistente redondas e retangulares, no intuito de facilitar o manuseio e colocar o maior número de fêmeas parasitoides e hospedeiros possíveis, porém quanto maior foi o número de hospedeiros, maior a umidade no recipiente, logo, os recipientes maiores ocorreu maior transpiração e conseqüentemente contaminação, então foi constatado neste teste que, em geral, o melhor desempenho dos parasitoides, sem cair a qualidade, foi para os que utilizaram o frasco do tipo coletor universal, além da facilidade de manuseio, não ocorreu transpiração e nem contaminação, por esses motivos o frasco escolhido foi o tipo coletor universal, de 80mL, tampa rosca, de material plástico resistente (Figura 4).



Figura 4- A. Boleira redonda descartável. B. Boleira redonda de plástico resistente. C. Boleira retangular de plástico resistente. D. Frasco tipo coletor universal.

Pupas de 24h de idade dos hospedeiros *D. saccharalis*, *A. gemmatalis* ou de *T. molitor*, foram expostas ao parasitismo por fêmeas adultas dos parasitoides *T. howardi* com 24 horas de idade, *T. diatraeae* com 48 horas de idade e *P. elaeisis* com 72 horas de idade), na densidade 25:5 (parasitoide/hospedeiro), previamente alimentadas com mel, sendo o parasitismo permitido por 24h e aguardado a emergência da progênie para avaliação das características.

Cinco pupas de *D. saccharalis* com 24 horas de idade e 25 fêmeas de *T. howardi* foram acondicionados em cada frasco contendo uma gota de mel no interior no frasco para alimentação dos parasitoides. Foram montados no total 10 frascos, totalizando 50 pupas. O mesmo foi realizado para *T. diatraeae* e *P. elaeisis*, inclusive com os hospedeiros *A. gemmatalis* ou de *T. molitor*. Porém para a testemunha as pupas foram colocadas no interior dos frascos sem parasitoides (Figura 5). O material foi acondicionado em sala climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 14 h de fotofase e $70 \pm 10\%$ umidade relativa.

HOSPEDEIRO *Diatraea saccharalis*

10 repetições 50 → *D. saccharalis* → 1200 *T. diatraeae* (48h)
 10 repetições 50 → *D. saccharalis* → 1200 *T. howardi* (24h)
 10 repetições 50 → *D. saccharalis* → 1200 *P. elaeisis* (72h)
 10 repetições 50 → *D. saccharalis* → Testemunha



HOSPEDEIRO *Anticarsia gemmatalis*

10 repetições 50 → *A. gemmatalis* → 1200 *T. diatraeae* (48h)
 10 repetições 50 → *A. gemmatalis* → 1200 *T. howardi* (24h)
 10 repetições 50 → *A. gemmatalis* → 1200 *P. elaeisis* (72h)
 10 repetições 50 → *A. gemmatalis* → Testemunha



HOSPEDEIRO *Tenebrio molitor*

10 repetições 50 → *T. molitor* → 1200 *T. diatraeae* (48h)
 10 repetições 50 → *T. molitor* → 1200 *T. howardi* (24h)
 10 repetições 50 → *T. molitor* → 1200 *P. elaeisis* (72h)
 10 repetições 50 → *T. molitor* → Testemunha



Figura 5- Esquema da montagem do experimento no laboratório, com os hospedeiros *D. saccharalis*, *A. gemmatalis* e *T. molitor*.

As características biológicas avaliadas foram: porcentagem de pupas parasitadas $[(\text{número de pupas de do hospedeiro com emergência de parasitoides} + \text{pupas sem emergência de adultos do hospedeiro})/(\text{número total de pupas}) \times 100]$; porcentagem de pupas com emergência de parasitoides $[(\text{número de pupas do hospedeiro com emergência de adultos dos parasitoides})/(\text{número de pupas parasitadas}) \times 100]$; progênie total (número de parasitoides emergidos por frasco); progênie por pupa total (número de parasitoides emergidos por pupa de hospedeiro, ou seja, o total dividido por 5); duração do ciclo vida (ovo-adulto) (dias); longevidade média em dias (para avaliação dessa variável foram selecionados ao acaso 15 fêmeas e 10 machos de cada espécie de parasitoide, de cada tratamento, sendo esses parasitoides no dia de sua emergência, individualizados em tubos de ensaio contendo uma gota de mel, onde permaneceram até a sua morte) e a razão sexual ($RS = \text{número de fêmeas} / \text{número de adultos}$) dos parasitoides.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (3 espécies de parasitoide x 3 espécies de hospedeiro) com 9 tratamentos, cada tratamento composto por 10 repetições, sendo cada repetição representada por 5 pupas do hospedeiro selecionado, na densidade 25 parasitoides, totalizando 50 pupas por tratamento em cada bioensaio. No experimento, foi utilizado um total de 600 pupas mais 11.250 parasitoides.

Os dados das características biológicas avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos a 5% de probabilidade de erro, foram submetidos ao Teste de Tukey.

RESULTADOS

Somente os dados de parasitismo e de emergência tiveram interação entre os fatores parasitoides e hospedeiros.

O parasitismo de pupas de *A. gemmatalis* e *D. saccharalis*, por *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* foram semelhantes, com 100% (Tabela 1). O maior parasitismo em pupas de *T. molitor* foi obtido para *P. elaeisis*.

A porcentagem de emergência foi de 100%, sendo semelhante entre os três parasitoides, quando os hospedeiros foram *D. saccharalis* e *A. gemmatalis*. Em pupas de *T. molitor* o maior parasitismo foi obtido por *P. elaeisis*, com 100%. Importante salientar que não houve emergência de *T. diatraeae* em pupas de *T. molitor*, com a metodologia utilizada (Tabela 2).

A duração do ciclo de vida de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* variou de $19,60 \pm 0,16$ para *T. howardi* em *A. gemmatalis* a $25,80 \pm 0,49$ para *P. elaeisis* em *D. saccharalis* (Tabela 3).

A maior progênie total foi de $910,50 \pm 71,12$ para *T. howardi* em *A. gemmatalis*, seguido de *T. howardi* em *D. saccharalis* com $775,90 \pm 89,44$, não diferindo estatisticamente. *P. elaeisis* em *A. gemmatalis* teve uma progênie de $679,40 \pm 70,27$, seguido de *T. diatraeae* em *D. saccharalis* com $632,90 \pm 85,68$ (Tabela 3).

Na progênie por pupa, ou seja, número de indivíduos emergidos de uma pupa de hospedeiro, a combinação que apresentou maior resultado foi *T. howardi* em *A. gemmatalis*, seguida pela combinação *T. howardi* em *D. saccharalis* com $182,10 \pm 14,22$ e $155,18 \pm 17,89$ indivíduos por pupa respectivamente, semelhantes estatisticamente. A menor progênie foi da combinação *P. elaeisis* em *T. molitor*, apresentando $39,50 \pm 9,20$ indivíduos por pupa (Tabela 3).

A razão sexual, número de fêmeas/número de total de adultos emergidos, teve uma variação de $0,84 \pm 0,09$ em *T. diatraeae* em *A. gemmatalis* a $0,95 \pm 0,01$ para *P. elaeisis* em *D. saccharalis* e *T. molitor* (Tabela 3).

Em relação a longevidade das fêmeas ocorreu uma variação de $8,47 \pm 0,50$ a $50,00 \pm 3,71$ dias, para *P. elaeisis* em *D. saccharalis* e *T. howardi* em *T. molitor*, respectivamente. Nas combinações *T. howardi* em *D. saccharalis* e *T. howardi* em *A.*

gemmatalis obtivemos valores semelhantes, de $25,93 \pm 3,40$ e $20,80 \pm 4,48$ respectivamente (Tabela 3).

DISCUSSÃO

No geral, os melhores hospedeiros foram as pupas de *D. saccharalis* e *A. gemmatalis*, para multiplicação de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae*. Pupas de *T. molitor* foram eficientes apenas para criação de *P. elaeisis*, quando utilizado esse método.

A metodologia utilizada poderá servir de base para programas de controle biológico aplicado de insetos praga em culturas agrícolas e florestais. Observa-se que os hospedeiros ideais para a otimização da criação com esse método, são *D. saccharalis* e *A. gemmatalis*. Esse fato pode estar ligado tanto ao tamanho da pupa, tendo em vista que o desenvolvimento do parasitoide está intimamente associado ao tamanho e a qualidade do hospedeiro (PASTORI et al., 2012), quanto ao período de exposição ao parasitismo, pois este pode influenciar diretamente no tamanho e qualidade da progênie (ANDRADE et al., 2010) e pode também estar ligado ao número de pupas hospedeiras (BARBOSA et al., 2008). O período de exposição dos parasitoides é pré-estabelecido em estudos anteriores para cada parasitoide, no caso do hospedeiro da ordem coleóptera como o *T. molitor*, estudos adicionais devem ser realizados, como o aumento do tempo de exposição do parasitismo, proporcionando a fêmea do parasitoide maiores condições para que ocorra o parasitismo de forma eficiente.

Fêmeas adultas de parasitoides podem regular o tamanho de sua progênie conforme a variação do peso (biomassa) da pupa hospedeira. Assim, pupas de *A. gemmatalis* com 240 ± 4 mg e de *B. mori* com 1200 ± 50 mg produziram progênes 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 *H. paulex* com $468,7 \pm 24,3$ mg proporcionaram progênie de $141,4 \pm 17,3$ e $341,8 \pm 33,6$ indivíduos de *T. diatraeae*, respectivamente (PASTORI et al., 2012a). Por isto, ao instalar experimentos de biologia comparada com *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* deve-se padronizar o peso do hospedeiro para todos os tratamentos, evitando assim resultados discrepantes entre as repetições. Pupas fêmeas e machos de insetos-hospedeiros podem apresentar diferentes

tamanhos e este fato também deve ser levado em consideração na seleção de pupas para a avaliação da eficiência biológica de parasitoides eulofídeos (PEREIRA et al., 2021).

Tenebrio molitor é um hospedeiro amplamente estudado e a metodologia de criação de parasitoides com este hospedeiro já é bem estabelecida em criações de laboratório, porém é utilizada apenas uma pupa do hospedeiro nas diferentes densidades de *P. elaeisis*, algumas densidades deste parasitoide foram testadas em pupas de *T. molitor*, sendo elas 7:1, 14:1, 21:1, e 28:1 e todas são satisfatórias para a reprodução desse inseto. Sendo a densidade de 7:1 a mais adequada para viabilizar a criação massal desse parasitoide (MOREIRA, et al., 2016).

A partir deste método com 5 pupas foi possível descartar o hospedeiro *T. molitor* para criação de *T. howardi* e *T. diatraeae*, pois para essas espécies não foi obtido parasitismo. Vale ressaltar que a progênie de *P. elaeisis* produzida por pupa de *T. molitor* foi baixa, quando comparado aos outros hospedeiros, esse desenvolvimento dos insetos parasitoides está diretamente ligado ao fator nutricional do hospedeiro, sendo importante o conhecimento da preferência alimentar, nutricional, tipo de comportamento e suas consequências nas características biológicas do parasitoide (PANIZZI e PARRA, 2009).

Outro fator importante que pode influenciar na eficiência do parasitismo é a densidade adequada, tanto dos parasitoides quanto dos hospedeiros, pois proporções inadequadas podem reduzir ou aumentar o número de ovos ovipositados e a quantidade de toxinas injetadas pelas fêmeas parasitoides. As toxinas reduzem a resposta imune de defesa do hospedeiro, um mecanismo de defesa utilizado para encapsular ovos ou estágios imaturos do parasitoide (PENNACCHIO e STRAND, 2006; MOREAU e ASGARI, 2015). A variação da biologia dos parasitoides devido à densidade, foi claramente observada nos resultados deste trabalho, interferindo nos mecanismos de defesa tanto do parasitoide quanto do hospedeiro.

Um dos mecanismos de defesa celular utilizados pelos hospedeiros é o encapsulamento contra partículas estranhas, podendo ocorrer contra protozoários, parasitas, nematóides, fungos, ovos e larvas de parasitoides (SALT, 1970; STRAND e PECH, 1995; LAVINE e BECKAGE, 1995), como também contra partículas abióticas.

Muitos parasitoides da família Eulophidae apresentam a capacidade e eficiência de parasitar hospedeiros de diferentes tamanhos e fases de desenvolvimento, famílias e ordens (BAITHA et al., 2004; LA SALLE e POLASZEK, 2007; PRASAD et al., 2007;

SILVA-TORRES et al., 2010; PASTORI et al., 2012). As espécies registradas no gênero *Tetrastichus* spp. são consideradas parasitoides de fases larvais e pupais, de lepidópteros como *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *S. frugiperda* e *P. xylostella* (KARINDAH et al., 2005; SILVA-TORRES et al., 2010; VARGAS et al., 2011; PEREIRA et al., 2015; LUCCHETTA, 2016; FERNANDES, 2018).

Vários fatores devem ser levados em consideração para o desenvolvimento de metodologias de otimização da criação em laboratório, como os parâmetros biológicos, fatores climáticos (temperatura e umidade), idade, densidade dos hospedeiros e parasitoides, além do controle de qualidade da produção. Estudos como este servem de suporte no intuito de se elaborar posteriormente uma ferramenta que possa ser utilizada por produtores, no manejo integrado de pragas em programas de controle biológico.

Cultivar plantas em geral, sem nenhum produto químico, ou com a menor quantidade possível, é um feito muito importante para produtores do Brasil, tanto em áreas de florestas plantadas, como na agricultura, produção de flores e alimentos, a exceção se transformou em uma visão sistêmica e a possibilidade do uso eficiente do controle biológico.

Os resultados obtidos com esta tese, com o auxílio de uma nova metodologia de criação inimigos naturais demonstram resultados satisfatórios, que irão auxiliar em criações massais de qualidade. Com o avanço das pesquisas, a expectativa é disponibilizar novos insumos microbiológicos aos produtores.

CONCLUSÃO

Os melhores hospedeiros para criação massal foram *D. saccharalis* e de *A. gemmatalis* os quais obtiveram melhores características biológicas para a criação das três espécies de parasitoides *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* com 100% de parasitismo e de emergência.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE G.S. 2010. Influência dos parasitóides *Palmistichus elaeisis* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) na imunidade celular de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/887/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- BAITHA A., JALALI S.K., RABINDRA R.J., VENKATESAN T. 2004. Parasitizing efficiency of the pupal parasitoid, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) on *Chilo partellus* (Swinhoe) at different exposure periods. Journal of Biological Control. **18**: 65-68.
- BARBOSA L.S., COURI M.S., AGUIAR-COELHO V.M. 2008. Development of *Nasonia vitripennis* (Walker, 1836) (Hymenoptera: Pteromalidae) in pupae of *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775) (Diptera: Calliphoridae), using different 67 densities of parasitoid. Biota Neotrop. **8**: 49-54. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032008000100005>
- FÁVERO K., PEREIRA F.F., KASSAB S.O., OLIVEIRA H.N., COSTA D.P., ZANUNCIO J.C. 2013. Biological characteristics of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) are influenced by the number of females exposed per pupa of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Florida Entomologist. **96**: 583-590. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.096.0224>
- FERNANDES W.C. 2018. 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. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 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. 2016. Multiplicar *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) en la

oruga de la seda afecta su biología?. *Acta Biologica Colombiana*. 21: 189-193.doi: <https://doi.org/10.15446/abc.v21n1.47999>

KARINDAH S., SULTANTO E.S., SULISTYOWATI L. 2005. Parasitoid larva-pupa *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) pada *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) di pertanaman kubis kota batu dan kabupaten malang. *J. Entomol. Indonesia*. 2: 61-68.

LA SALLE J., POLASZEK A. 2007. Afrotropical species of the *Tetrastichus howardi* species group (Hymenoptera: Eulophidae). *African Entomology*. 15: 45-56. DOI: <https://doi.org/10.4001/1021-3589-15.1.45>

LAVINE M.D., BECKAGE N.E. 1995. Polydnviruses: potent mediators of host insect immune dysfunction. *Parasitol. Today*. 11: 368-378.

LUCCHETTA J.T. **Parasitismo e desenvolvimento de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. 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-DOUTORADOENTOMOLOGIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20\(2016\)%20J%C3%A9ssica%20Terilli%20Lucchetta.pdf](http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADOENTOMOLOGIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20(2016)%20J%C3%A9ssica%20Terilli%20Lucchetta.pdf). Acesso em: 10 março 2022.

MOREAU S., ASGARI S. 2015. Venom Proteins from Parasitoid Wasps and Their Biological Functions. *Toxins*. 7: 2385–2412. DOI: 10.3390/toxins7072385

PANIZZI A.R., PARRA J.R.P. Introdução a bioecologia e nutrição de insetos com base para o manejo integrado de pragas. In: **BIOECOLOGIA E NUTRIÇÃO DE INSETOS**. Base para o manejo integrado de pragas, 1º edição, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104662/1/Introducao-a-bioecologia-e-nutricao-de-insetos-como-base-para-o-manejo-integrado-de-pragas.pdf>

PARON M.R., BERTI-FILHO E. 2000. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). *Scientia Agricola*. 57: 355-358. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000200025>

PARRA J.R.P. 2007. Técnicas de Criação de Insetos para Programa de Controle Biológico. 6ª ed. ESALQ/FEALQ, Piracicaba, SP. p.134.

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

PENNACCHIO F., STRAND M.R. 2006. Evolution of developmental strategies in parasitic Hymenoptera. Annu. Rev. Entomol. **51**: 233-258.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., TAVARES M.T., PASTORI P.L., JACQUES G.C., VILELA E.F. 2008. New Record of *Trichospilus diatraeae* as a Parasitoid of the Eucalypt Defoliator *Thyrintea arnobia* in Brazil. Phytoparasitica. **36**: 304-306.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., PASTORI P.L., PEDROSA A.R., OLIVEIRA H.N. 2010a. Parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiro alternativo sobre plantas de eucalipto em semi-campo. Revista Ciência Agronômica. **41**: 715-720.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., SERRÃO J.E., ZANUNCIO T.V., PRATISSOLI D., PASTORI P.L. 2010b. 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. **82**: 323-231.

PEREIRA F. F., KASSAB S. O., CALADO V. R. F., VARGAS E. L., OLIVEIRA H. N., ZANUNCIO J. C. 2015. Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. The Florida Entomologist. **98**: 377-380. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.098.0164>

PRASAD K.S., ARUNA A.S., KUMAR V., KARIAPPA B.K. 2007. Feasibility of mass production of *Tetrastichus howardi* (Olliff), a parasitoid of leaf roller (*Diaphania pulverulentalis*), on *Musca domestica* (L.). Indian Journal Sericulture. **46**: 8991.

SALT G. 1970. The cellular defense reactions of insects. London: Cambridge Univ. Press. 118p.

SILVA-TORRES C.S.A., PONTES I. V.A.F., TORRES J.B., BARROS R. 2010. New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. *Neotropical Entomology*. **39**: 835-838.

STRAND M.R., PECH L.L. 1995. Immunological basis for compatibility in parasitoid-host relationships. *Annu. Rev. Entomol.* **40**: 31-56.

TIAGO E.F. 2019. **Biologia comparada de *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae* e *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas e pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)**. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. Disponível em: <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADOENTOMOLOGIA/Teses%20Defendidas/Elison%20Floriano%20Tiago.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

VARGAS E.L., PEREIRA F.F., TAVARES M.T., PASTORI P.L. 2011. Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil, *Entomotropica*. **26**: 143-146.

ZANUNCIO J.C., PEREIRA F.F., JACQUES G.C., TAVARES M.T., SERRAO J.E. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin*. **62**: 64-66.

ZANUNCIO JUNIOR J.S., VIANNA U.R., ZANUNCIO J.C., PEREIRA F.F. 2012. Técnica de criação de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae). In: RATISSOLI, D. Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais. Vitória: EDUFES, 308p. ISBN: 978-85-7772-121-4.

TABELA 1. Porcentagem média (\pm EP) de parasitismo de *Tetrastichus howardi*, *Palmistichus elaeisis* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em temperatura de $25 \pm 2^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ (UR) e 14 h de fotofase. Dourados, MS. 2021.

Parasitoides	<i>Diatraea saccharalis</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Anticarsia gemmatalis</i>
<i>Tetrastichus howardi</i>	100,00 \pm 0,00 Aa	16,00 \pm 7,77 Bb	100,00 \pm 0,00 Aa
<i>Palmistichus elaeisis</i>	100,00 \pm 0,00 Aa	100,00 \pm 0,00 Aa	100,00 \pm 0,00 Aa
<i>Trichospilus diatraeae</i>	100,00 \pm 0,00 Aa	0,00 Bc	100,00 \pm 0,00 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

CV% = 10.30

TABELA 2. Porcentagem média (\pm EP) de emergência de *Tetrastichus howardi*, *Palmistichus elaeisis* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em temperatura de $25 \pm 2^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ (UR) e 14 h de fotofase. Dourados, MS. 2021

Parasitoides	<i>Diatraea saccharalis</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Anticarsia gemmatalis</i>
<i>Tetrastichus howardi</i>	100,00 \pm 0,00 Aa	40,00 \pm 16,33 Bb	100,00 \pm 0,00 Aa
<i>Palmistichus elaeisis</i>	100,00 \pm 0,00 Aa	100,00 \pm 0,00 Aa	100,00 \pm 0,00 Aa
<i>Trichospilus diatraeae</i>	100,00 \pm 0,00 Aa	0,00 Bc	100,00 \pm 0,00 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV% = 20.94.

TABELA 3. Médias (\pm EP) da duração do ciclo de *Tetrastichus howardi*, *Palmistichus elaeisis* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) em temperatura de $25 \pm 2^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ (UR) e 14 h de fotofase. Dourados-MS, 2021.

	Duração do ciclo (dias)	Progênie total	Progênie/pupa	Razão sexual	Longevidade de fêmeas (dias)	Longevidade (machos)
<i>Tetrastichus howardi</i>	22,80 \pm 0,61 b	775,90 \pm 89,44 a	155,18 \pm 17,89 ab	0,90 \pm 0,09 a	25,93 \pm 3,40 bc	32,10 \pm 3,46 a
<i>Diatraea saccharalis</i>						
<i>Palmistichus elaeisis</i>	25,80 \pm 0,49 a	335,20 \pm 46,70 bc	67,04 \pm 9,34 bc	0,95 \pm 0,01 a	8,47 \pm 0,50 e	12,10 \pm 0,60 b
<i>Diatraea saccharalis</i>						
<i>Trichospilus diatraeae</i>	24,50 \pm 0,17 a	632,90 \pm 85,68 ab	126,58 \pm 17,14 ab	0,94 \pm 0,01 a	10,60 \pm 0,59 de	12,70 \pm 1,16 b
<i>Diatraea saccharalis</i>						
<i>Tetrastichus howardi</i>	24,00 \pm 0,00 ab	110,75 \pm 5,16 c	22,15 \pm 1,03 c	0,93 \pm 0,00 a	50,00 \pm 3,71 a	47,70 \pm 6,57 a
<i>Tenebrio molitor</i>						
<i>Palmistichus elaeisis</i>	23,90 \pm 0,31 b	197,50 \pm 46,02 c	39,50 \pm 9,20 c	0,95 \pm 0,01 a	33,93 \pm 1,98 ab	33,80 \pm 2,50 a
<i>Tenebrio molitor</i>						
<i>Trichospilus diatraeae</i>	**		**	**	**	**
<i>Tenebrio molitor</i>						
<i>Tetrastichus howardi</i>	19,60 \pm 0,16 c	910,50 \pm 71,12 a	182,10 \pm 14,22	0,89 \pm 0,01 a	20,80 \pm 4,48 cd	27,00 \pm 4,21 ab
<i>Anticarsia gemmatalis</i>						
<i>Palmistichus elaeisis</i>	22,80 \pm 0,61 b	679,40 \pm 70,27 ab	135,88 \pm 14,05 ab	0,91 \pm 0,01 a	14,00 \pm 2,36 de	32,60 \pm 2,91 a
<i>Anticarsia gemmatalis</i>						
<i>Trichospilus diatraeae</i>	23,10 \pm 0,10 b	585,40 \pm 110,05 ab	117,08 \pm 22,01 ab	0,84 \pm 0,09 a	27,75 \pm 1,64 b	24,82 \pm 1,40 ab
<i>Anticarsia gemmatalis</i>						

** Não foram obtidos dados para condução das análises devido a não emergência. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Capítulo III

Custo de produção de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros



RESUMO

O controle biológico aplicado consiste em liberações de predadores ou parasitoides após a criação laboratorial em larga escala. Avaliar o custo de produção dos parasitoides *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* fornecerá informações capazes de auxiliar o planejamento e controle de pragas do eucalipto. Além de apoiar as empresas quanto as suas tomadas de decisão visando o eficácia do manejo. Este trabalho identificou e analisou os custos variáveis de produção dos parasitoides *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*, criados em pupas de *Diatraea saccharalis*, *Bombyx mori*, *Anticarsia gemmatalis* e *Tenebrio molitor*. O trabalho foi realizado no Lecobiol e Sistêmica Kovê, localizado em Dourados, MS. Através do processo produtivo para obter o custo de produção em laboratório. Os valores estimados por milho de *T. howardi* foram de R\$ 3,04; R\$ 2,16; R\$ 0,88; R\$ 2,72, criados em pupas de *D. saccharalis*, *T. molitor*, *B. mori* e *A. gemmatalis*, respectivamente. Os valores obtidos pelo milho de *P. elaeisis* foram de R\$ 8,20 reais criados em pupas de *D. saccharalis*, R\$ 1,01 reais criados em *T. molitor*, R\$ 0,13 criados em *B. mori* e R\$ 1,90 criados em *A. gemmatalis*. Os valores estimados pelo milho de *T. diatraeae* foram de R\$ 4,30 criados em pupas de *D. saccharalis*, R\$ 2,30 reais em *A. gemmatalis*. Os hospedeiros *T. molitor*, *B. mori* não tiveram resultados promissores para criação desse parasitoides em larga escala, não teve emergência de adultos, por isso, não foi possível ser calculado. Cabe ressaltar que os valores podem variar conforme o ciclo de vida do inseto. A tomada de decisão do produtor em relação ao controle biológico utilizando essas espécies de parasitoides dependerá de estudos prévios sobre o parasitoide e cultura pretendida.

Palavras-chave: controle biológico, parasitoides, produção de inimigos naturais.

ABSTRACT

Applied biological control consists of releases of predators or parasitoids after large-scale laboratory breeding. Evaluating the production cost of the parasitoids *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* and *Trichospilus diatraeae* will provide information capable of assisting in the planning and control of eucalyptus pests. In addition to supporting companies in their decision-making, aiming at the effectiveness of management. This work identified and analyzed the variable production costs of the parasitoids *P. elaeisis*, *T. howardi* and *T. diatraeae*, reared in pupae of *Diatraea saccharalis*, *Bombyx mori*, *Anticarsia gemmatalis* and *Tenebrio molitor*. The work was carried out at Lecobiol and Sistemica Kovê, located in Dourados, MS. Through the production process to obtain the laboratory production cost. The values estimated by the thousand of *T. howardi* were R\$ 3.04; BRL 2.16; BRL 0.88; R\$ 2.72, raised in pupae of *D. saccharalis*, *T. molitor*, *B. mori* and *A. gemmatalis*, respectively. The values obtained by the thousand of *P. elaeisis* were R\$ 8.20 reais reared on *D. saccharalis* pupae, R\$ 1.01 reais reared on *T. molitor*, R\$ 0.13 reared on *B. mori* and R\$ 1.90 bred in *A. gemmatalis*. The values estimated by the thousand of *T. diatraeae* were R\$ 4.30 created in *D. saccharalis* pupae, R\$ 2.30 reais in *A. gemmatalis*. The hosts *T. molitor*, *B. mori* did not have promising results for the creation of these parasitoids on a large scale, there was no emergence of adults, so it was not possible to be calculated. It should be noted that the values may vary according to the insect's life cycle. The decision of the producer in relation to biological control using these species of parasitoids will depend on previous studies on the parasitoid and intended culture.

Keywords: biological control, parasitoids, production of natural enemies.

INTRODUÇÃO

O sucesso de programas de controle biológico de pragas com parasitoides em sistemas agrícolas e florestais depende de vários fatores, os quais inclui interações de especialistas de diversas áreas. Onde os estudos envolta a biologia e comportamento dos insetos, bem como o controle de qualidade devem ser priorizados. Dentre eles, um ponto chave é o custo da produção massal dos agentes de controle e também o oferecimento dessa tecnologia aos produtores (PARRA, 2021).

O método de controle realizado com insetos parasitoides depende da produção desses inimigos naturais em larga escala, com qualidade e, preferencialmente, com baixo custo de produção para serem liberados em campo (SUGUIYAMA e MOREIRA, 2015). O controle biológico aplicado consiste em liberações em massa de predadores ou parasitoides após a criação laboratorial (CAMARGOS et al., 2017).

As espécies de parasitoides *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893), *Palmistichus elaeisis* (Delvare & LaSalle, 1993) e *Trichospilus diatraeae* (Cherian & Margabandhu, 1942) (Hymenoptera: Eulophidae) são endoparasitoides larvais e pupais que parasitam e desenvolvem em vários hospedeiros (BARBOSA et al., 2019). Possuem potencial reprodutivo para serem utilizadas como agentes de controle biológico em campo. E podem se desenvolver em pupas de hospedeiro natural, como *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974) (Lepidoptera: Crambidae) (PEREIRA et al., 2015) ou em hospedeiros alternativos como as espécies de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) (FERNANDES, 2018), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (LUCCHETTA, 2016) e *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) (RODRIGUES et al., 2012).

O aumento dos surtos de *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) e surgimento de uma nova praga do eucalipto no ano de 2020, em São Paulo e no Mato Grosso do Sul, *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae) vêm causando sérias preocupações aos silvicultores devido a alta intensidade de desfolha nos plantios (SANTOS et al., 2021). Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias de produção de agentes de controle biológico em grandes quantidades e com qualidade e, principalmente, com baixo custo para que possa ser implementado no mercado do manejo integrado de pragas. Porém, é primordial que

alguns obstáculos de produção de insetos em laboratório sejam superados, como por exemplo: a coleta, identificação e manutenção dos parasitoides, seleção do hospedeiro ideal para cada espécie de parasitoide, biologia e comportamento dos parasitoides/hospedeiros, controle da qualidade, liberações em campo, inseticidas seletivos e as avaliações de eficiência do custo de produção (PARRA, 2021).

No entanto, para alcançar esses objetivos, deve-se minimizar as desvantagens, as quais estão os custos elevados para implantação das biofábricas de produção massal e a queda na qualidade dos insetos que serão inseridos no controle biológico aplicado (CARVALHO e NASCIMENTO, 2002). Dessa forma, técnicas de criação que resultem em baixo custo de produção e em parasitoides de alta qualidade são de extrema importância (SIVINSKI et al., 1996). Nesse sentido, a contabilidade de custos pode fornecer subsídios importantes para a execução de um projeto de criação massal de criação de parasitoides (VIEIRA et al., 2017).

A contabilidade de custos tem função de auxiliar no controle e nas tomadas de decisões, o custo/benefício deve ser viável com as outras alternativas de controle e com a cultura, levando sempre em consideração os aspectos econômicos, ecológicos e sociais. Por fim, após o desenvolvimento da opção de controle, ela deve ser transferida aos produtores (PARRA, 2021).

A determinação de custos é feita de acordo com o volume de produção. Através da soma dos custos fixos e variáveis são realizados os cálculos dos valores. Custos variáveis podem apresentar mudanças em seus valores conforme sua produção, enquanto que custos fixos não variam de valor (FERREIRA, 2007). O planejamento, organização, direção e controle dos gastos com a produção, conseqüentemente, os lucros são fatores relevantes para biofábricas, nada melhor do que além de ter o parasitoide disponível para atender a demanda do mercado, que se tenha um controle funcional de formação de custos (CAMARGOS et al., 2017).

Portanto, foi estimado o custo de produção dos parasitoides *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* produzidos em diferentes hospedeiros, pupas de *D. saccharalis*, *B. mori*, *A. gemmatalis* e *T. molitor*, no intuito de serem utilizados em campo visando o controle de pragas. Tal estudo fornecerá uma ferramenta capaz de auxiliar os silvicultores no planejamento, execução e tomada de decisão para o controle de insetos pragas, além de apoiar as biofábricas quanto as suas tomadas de decisões.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nas dependências do Laboratório de Controle biológico de Insetos (LECOBIOL) pertencente a Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados (MS), com as seguintes etapas:

Multiplicação dos hospedeiros

Anticarsia gemmatalis

Papéis contendo ovos de *A. gemmatalis* da criação estoque do Lecobiol, foram colocados em recipientes plásticos com capacidade de 3,5 litros, contendo dieta a base de feijão, germe-de-trigo, proteína de soja, além de vitaminas e minerais (Adaptada de GREENE et al., 1976). Após 3 dias ocorreu a eclosão das lagartas neonatas de *A. gemmatalis* as quais se alimentam da dieta.

A manutenção foi realizada diariamente, a fase larval passa por 5 a 6 instares de desenvolvimento, as pré-pupas não se alimentam, ficam em posição encurvada e enrugada, esta fase dura aproximadamente 24h, até se tornarem pupas completamente formadas, fase sésil de desenvolvimento do inseto. Nas gaiolas foram colocadas 50 pupas para se transformarem em adultos em sala separada, para que não ocorresse contaminação pelas escamas das asas das mariposas e, os adultos foram alimentados com dieta líquida a base de mel e açúcar embebidas em algodão. As gaiolas foram previamente forradas internamente com folhas de papel sulfite, na qual as mariposas o utilizaram como substrato para oviposição. O papel contendo ovos era retirado e inicia-se o ciclo novamente, a criação foi realizada em sala climatizada à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas (Figura 1) (ZANUNCIO JUNIOR et., 2012).



Figura 1- Esquema de criação de *A. gemmatalis* no Lecobiol.

Diatraea saccharalis

Pupas de *D. saccharalis* foram adquiridas na empresa Biocana[®], em Pontal – São Paulo, as pupas foram sexadas e 20 casais foram colocados em gaiolas confeccionadas de canos de PVC, previamente forradas com papel sulfite até a emergência dos adultos. Após a emergência das mariposas ocorre o acasalamento e as fêmeas colocam seus ovos na parede da gaiola. Posteriormente, a folha de papel sulfite com os ovos foram retiradas e imersas em água e sulfato de cobre (1,0%) durante dois minutos para desinfecção e colocadas para secar. A coloração dos ovos vai modificando com o passar dos dias, quando os ovos estão de coloração escura, demonstra que está próximo da eclosão. Então o papel é recortado de acordo com os espaços em que estão os ovos e colocados nos vidros contendo dieta artificial modificada de Hensley e Hammond (1968), a base de farelo de soja, germe de trigo, vitaminas e sais minerais. Os vidros foram mantidos em sala climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h.

Ao atingir o terceiro instar, foi preparada a dieta de realimentação para as lagartas, em uma de Petri descartáveis (60 x 16 mm) foi colocado uma porção da dieta de realimentação (semelhante a dieta de alimentação, exceto pela adição de ácido acético e remoção de sais de Wesson e germe de trigo) juntamente com 5 lagartas, onde elas permaneceram até a formação de pupas, após as pupas são coletadas e inicia o ciclo novamente (Figura 2) (PARRA, 2007).



Figura 2- Esquema de criação de *D. saccharalis* no Lecobiol.

Tenebrio molitor

Foi preparada uma dieta artificial a base de farelo de trigo (2,5kg), levedo de cerveja (0,67g) e germe de trigo (200g), acondicionadas em caixas plásticas brancas com tampa e capacidade de 13 litros. As tampas dessas caixas foram previamente recortadas nas medidas de 15x10cm, aproximadamente, e coberto com tecido tipo voil e fixado com cola quente, para permitir a entrada de ar. Em seguida foi adicionado a essas caixas 400 a 500gr de larvas de 3º instar ou adultos de *T. molitor*. Onde foram mantidos em ambiente de pouca luz, em temperatura entre 26°C e 28°C.

Duas vezes por semana foi adicionado às caixas da dieta artificial, 4 fatias de chuchu, ou folhas de couve, ou toletes de cana-de-açúcar, como fonte de água. A cada 20 dias era peneirada a dieta das caixas, assim as larvas ficavam retidas na peneira e em seguida eram colocadas em uma outra caixa com dieta nova, sempre tomando muito cuidado para não deixar que as larvas menores não fujam pela tela da peneira. A cada 15 dias eram peneiradas as dietas novamente, porém com uma peneira de tela maior para que as larvas de primeiro instar e os ovos passem pela peneira e foram acondicionados em uma nova caixa de dieta e, os adultos vivos retirados e colocados em uma nova caixa separadamente, enquanto os mortos eram descartados.

Juntamente na caixa dos adultos foi colocado uma caixa de ovo de papelão, que servia como substrato, para proteção e alimentação dos adultos. As pupas de *T. molitor* foram retiradas diariamente, parte era utilizada para manutenção da criação dos parasitoides e parte aguardou-se a emergência dos adultos, para dar sequência no ciclo. A fase de pupa dura em média 10 dias. O ciclo de vida total dura em média 4 a 5 meses (Figura 3) (PARRA, 2007).



Figura 3- Esquema de criação de *T. molitor* no Lecobiol.

Bombyx mori

Casulos de *B. mori* foram adquiridos junto ao sericultor da região de Dourados-MS, transferidos para bandejas plásticas (28,3 x 36,0 x 7,0 cm) e acondicionados em sala climatizada a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas. Os casulos foram abertos antes da exposição da pupa ao parasitoide. Os casulos de *B. mori* foram adquiridos no valor de R\$ 140,00 reais (2000 unidades). O custo de produção relativo ao determinado hospedeiro foi calculado de acordo com o valor da compra dos casulos e a mão de obra necessária para manipulação dos mesmos (Figura 4).



Figura 4- Esquema de manutenção de *B. mori* no Lecobiol.

Multiplicação dos parasitoides *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*

Para a criação dos parasitoides *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* foram utilizadas pupas dos hospedeiros *A. gemmatalis*, *B. mori*, *T. molitor* ou *D. saccharalis*. Adultos dos parasitoides foram criados em tubos de vidros (14 × 2,2 cm). Em cada tubo foi colocado 1 pupa hospedeira e 5 fêmeas adultas do parasitoide, com uma gota de mel no interior do tubo e vedado com algodão. A manutenção e montagem de novos tubos da criação foi realizada diariamente, para que tivesse emergência de adultos parasitoides todos os dias (Figura 3). (FERNANDES, 2018).



Figura 3- Esquema de criação de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* no Lecobiol.

Foi realizada análise comparativa entre o custo por pupa de *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *B. mori* ou *T. molitor* e o potencial de reprodução de *T. howardi*, *P. elaeisis*, e *T. diatraeae* nesses hospedeiros. O planejamento quantitativo da criação dos parasitoides foi elaborado considerando-se a quantidade de pupas parasitadas por hospedeiros, e com emergência desses eulofídeos e o número de indivíduos produzidos por cada fêmea do parasitoide. Sendo assim, foi obtido o número total de indivíduos produzidos, dos quais 5% retornaram para a criação e dessa forma, foi determinado o número de adultos produzidos por cada hospedeiro alternativo por mês.

Orçamento e estimativa de custos de produção.

Todos os insumos utilizados como: ingredientes das dietas dos insetos, produtos de limpeza e equipamentos necessários ao processo produtivo foram orçados. Os itens de custos fixos foram: sala de criação, ar condicionado, refrigerador, estante de aço, balança digital, microscópio, mesa, timer, potes e lâmpadas.

Para cada ciclo de criação, foram determinadas as horas necessárias para atender o ciclo de cada inseto, seja ele o hospedeiro ou parasitoide.

Para cada espécie de hospedeiro, se utilizaram dietas diferentes, a dieta da *A. gemmatalis* feita a base de feijão e utilizada em uma única dieta para a fase larval. Já para a *D. saccharalis* é necessário o preparo de 2 dietas diferentes para a fase larval, sendo estas a base de farelo de soja, esse fato interfere nos valores finais dos custos, a dieta do *T. molitor* é a base de farelo de trigo e possui maior rendimento entre as outras, proporcionando uma grande quantidade de insetos, provavelmente reduzirá os custos de produção.

Bombyx mori é um inseto que quando em sua fase larval se alimenta de grandes quantidades de folhas de amoreira. Deste modo, amoreiras (*Morus alba*) devem ser cultivada para que se tenha uma criação de sucesso. A amoreira é uma planta perene, de raízes profundas e de região subtropical com clima temperado. As folhas da amoreira são produzidas por um período de 16 anos em média e o cultivo é feito por estacas (SANTOS, 2016).

A alimentação das lagartas deve ser realizada diariamente e os cortes dos galhos com as folhas de amoreira devem ser realizados minutos antes, para que seja ofertada às lagartas alimentação fresca. Para garantir a saúde das lagartas, as folhas devem ser oriundas de plantações livres de pragas, doenças e impurezas (SANTOS, 2016). Esse processo para a criação de *B. mori* em grande escala, demanda muito tempo, pessoal e alto custo, motivo pelo qual essa espécie não foi criada em laboratório, mas sim, foram adquiridos 2000 casulos com um produtor da região, com um custo de R\$ 140,00 reais.

Dessa forma, foram atualizados o conjunto de dados do laboratório necessários ao cálculo de custo de produção. Para o cálculo teórico de custos, o custo total de produção conceitua-se como a soma dos valores dos recursos fixos e variáveis (MENDES et al., 2005). O custo fixo correspondeu aos recursos de longa duração, ou seja, que possuem uma duração superior à um ciclo produtivo. O custo desses recursos foi calculado mediante a soma de suas depreciações e seus custos alternativos. A depreciação é outro

fator para constituir o custo fixo, sendo ele o custo necessário para substituição do bem de capital quando se tornar inútil, por desgastes.

A depreciação foi calculada: $\text{Depreciação} = (\text{valor do recurso novo} - \text{valor residual do recurso}) / \text{vida útil do recurso}$. Os valores adotados para definir a vida útil dos recursos foram de 20 anos para edificações (laboratório) e dez anos para máquinas e equipamentos. De acordo com os mesmos autores, o valor residual do recurso pode ser fixado em uma porcentagem do valor do recurso, no caso, padronizou-se 10 % do valor inicial (MENDES et al., 2005).

A edificação do laboratório seguiu uma metragem funcional, com 20 m², suficientes para acomodar os equipamentos e estruturas de criação necessárias para manutenção da criação, além da capacidade de suporte em situação de um possível escalonamento de produção, tão importante em uma biofábrica. O valor da edificação seguiu a cotação fornecida pelo banco de dados SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) (IBGE, 2020), utilizando-se o valor de R\$ 1189,95, adotado como valor médio do m² construído na região Centro-Oeste.

Na análise econômica outro item importante foi custo alternativo ou de oportunidade, que pode ser definido como o retorno normal do capital empregado na atividade, consistindo ao que o capital proporcionaria se fosse aplicado em outra alternativa econômica (MENDES et al., 2005). Para fins de cálculo, optou-se por acompanhar os juros da caderneta de poupança, fixando o índice de 5% ao ano. Desse modo, os cálculos dos valores acompanharam o período de ciclo de cada inseto para identificar o rendimento alternativo que o valor do recurso renderia naquele período limitado.

O custo variável constitui-se nos recursos que possuem duração inferior a um ciclo de produção, presente somente durante o período de produção, resumindo-se à soma dos insumos e mão-de-obra adotados no período. O cálculo para definir a mão-de-obra seguiu o valor da hora trabalhada. Levou-se em consideração o valor vigente do salário mínimo do ano de 2020, mais adicionais como encargos e décimo terceiro. O custo mensal do trabalhador, com carga horária de 176 horas, foi de R\$ 1.484,75. O valor da hora trabalhada no laboratório foi de R\$ 8,44.

Além disso, a quantidade de dieta dos insetos foi computada quantitativamente para chegar ao consumo daquele lote, refletindo nos valores vigentes para compra de insumos, preparo e armazenamento da mesma, até o momento do fornecimento.

Itens que foram utilizados nos cálculos

Mão de obra

Os cálculos para a mão de obra dos técnicos foram feitos considerando o seu salário bruto mensal acrescido dos encargos e benefícios trabalhistas que têm direito. O salário foi de R\$ 1.045,00 reais, mais encargos de R\$ 352,90 e 13º de R\$ 87,00 mensais.

Custos fixos

Tabela 01. Principais itens e valores utilizados para cálculo dos custos fixos visando a produção dos parasitoides *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* produzidos em diferentes hospedeiros. Dourados, MS. 2021.

Itens	valores em R\$
Sala de criação (20m ²)	R\$ 23.799,00
Ar condicionado (9000 btu)	R\$ 1.300,00
Refrigerador (300 L)	R\$ 1.200,00
Estante de aço (.)	R\$ 2.500,00
Balança digital (40kg)	R\$ 350,00
Microscópio	R\$ 1.500,00
Mesa	R\$ 1.000,00
Timer	R\$ 40,00
Potes (5L)	R\$ 300,00
Lâmpadas Led 50 W	R\$ 50,00
Total	R\$ 32.089,00

Custos Variáveis

Tabela 02. Principais itens e seus respectivos valores utilizados para cálculo dos custos variáveis visando a produção dos parasitoides *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* produzidos em diferentes hospedeiros. Dourados, MS. 2021.

Itens	Valor geral (R\$)	Valor por lote
Dieta	Variável	Variável
Mão de obra	79,55	79,55
Honorário (responsável técnico)	26,55	26,55
Material de limpeza	10,00	3,33
Água (m)*	100,00	33,33
Luz Kw	81,26	27,09
Telefone	100,00	20,00

*Água não foi calculada no valor da dieta, pois já está inserida no valor da água, a qual foi utilizada água fervida.

Tabela 03. Ingredientes utilizados no preparo da dieta artificial para criação de *Anticarsia gemmatalis* em laboratório, valores utilizados para cálculo dos custos variáveis. Dourados, MS. 2021.

Ingrediente	Quantidade por dieta	Apresentação	Valor Insumo (R\$)	Valor Receita (R\$)
Feijão Carioca	250 g	1000 g	R\$ 7,00	R\$ 1,75
Germe de Trigo	200 g	25000 g	R\$ 33,33	R\$ 0,27
Proteína de Soja	200 g	1000 g	R\$ 25,00	R\$ 5,00
Caseína	100 g	1000 g	R\$ 95,00	R\$ 0,95
Levedura	125 g	1000 g	R\$ 46,00	R\$ 5,75
Ácido ascórbico	12 g	1000 g	R\$ 100,00	R\$ 2,40
Tetraciclina	0,3 g	200 g	R\$ 218,00	R\$ 0,33
Nipagim	10 g	500 g	R\$ 61,80	R\$ 1,24
Ácido sórbico	6 g	1000 g	R\$ 65,00	R\$ 0,78
Agar-agar	65 g	3000 g	R\$ 283,00	R\$ 6,13
Água destilada*	4.000 L	1000 L	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Complexo vitamínico	25 mL	1000 L	R\$ 30,00	R\$ 0,75
Formol 40%	12 mL	1000 L	R\$ 30,00	R\$ 0,36
Total				R\$ 25,71

*Água não foi calculada no valor da dieta, pois já está inserida no valor da água, a qual foi utilizada água fervida.

Rendimento correspondente a 6 litros de dieta.

Tabela 04. Ingredientes utilizados no preparo da dieta de alimentação de *Diatraea saccharalis* em laboratório, valores utilizados para cálculo dos custos variáveis. Dourados, MS. 2021.

Ingrediente	Quantidade	Apresentação	Valor Insumo (R\$)	Valor Receita (R\$)
Açúcar	270 g	5 kg	R\$ 7,00	R\$ 0,38
Farelo de Soja	400 g	25 kg	R\$ 25,00	R\$ 0,40
Germe de Trigo	90 g	25 kg	R\$ 33,33	R\$ 0,12
Nipagim	23 g	1 kg	R\$ 130,00	R\$ 2,99
Ácido ascórbico	4 g	1 kg	R\$ 50,00	R\$ 0,20
Cloreto de Colina	2 g	1 kg	R\$ 77,00	R\$ 0,15
Ácido acético	30 ml	1 kg	R\$ 90,00	R\$ 2,70
Complexo vitamínico	30 mL	1 kg	R\$ 30,00	R\$ 0,90
Vitagold	2 mL	1 kg	R\$ 70,00	R\$ 0,14
Formol 40%	5 mL	1 kg	R\$ 15,00	R\$ 0,08
Tetraciclina	500 mg	200 g	R\$ 218,00	R\$ 0,55
Agar-agar	70 g	3 kg	R\$ 283,00	R\$ 6,60
Água	3900 mL	1000 L	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total	4826,5			R\$ 15,21

Tabela 05. Ingredientes utilizados para preparo da dieta de realimentação de *Diatraea saccharalis* em laboratório, valores utilizados para cálculo dos custos variáveis. Dourados, MS. 2021.

Ingrediente	Quantidade	Apresentação	Valor Insumo (R\$)	Valor Receita (R\$)
	2			
Açúcar	80 g	5 kg	R\$ 7,00	R\$ 0,39
Farelo de Soja	300 g	25 kg	R\$ 25,00	R\$ 0,30
Germe de Trigo	200 g	25 kg	R\$ 33,33	R\$ 0,27
Nipagim	22 g	1 kg	R\$ 130,00	R\$ 2,86
Ácido ascórbico	10 g	1 kg	R\$ 50,00	R\$ 0,50
Cloreto de Colina	2 g	1 kg	R\$ 77,00	R\$ 0,15
Sais de Wesson	20 g	1 kg	R\$ 35,00	R\$ 0,70
Complexo vitamínico	30 mL	1 L	R\$ 30,00	R\$ 0,90
Vitagold	2 mL	1 L	R\$ 70,00	R\$ 0,14
Formol 40%	5 mL	1 L	R\$ 15,00	R\$ 0,08
Tetraciclina	1 g	200 g	R\$ 218,00	R\$ 1,09
Agar-agar	60 g	3 kg	R\$ 283,00	R\$ 5,66
Água	4350 mL	1000 L	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total	5282			R\$ 13,04

Tabela 06. Ingredientes utilizados para preparo da dieta de *Tenebrio molitor* em laboratório, valores utilizados para cálculo dos custos variáveis.

Ingrediente	Quantidade	Apresentação	Valor Insumo (R\$)	Valor por Receita (R\$)
Germe de Trigo	200 g	25 kg	33,33	0,27
Farelo de trigo	2.500 g	25 kg	25,00	2,50
Levedo de cerveja	67g	1 kg	46,00	3,08
Total dieta	2767			5,85
Suplementação opcional				
Chuchu	30 kg	3 kg	30,00	30,00
Vagem	5 kg	2 kg	200,00	50,00
Total dieta	35 kg			80,00
Suplementação por caixa				2,67

O chuchu e a vagem são comprados em grandes quantidades, porém retiradas em quantidades fracionadas do mercado, afim de se obter baixo custo e qualidade.

Tabela 07. Custos fixos em relação a criação de parasitoides utilizados para cálculo.

Itens	Quantidade	Valor (R\$)	Vida Útil (ciclos)*	Valor (ciclo)	Custo Fixo (R\$)	Custo Fixo (R\$/lote)
	25.000					
Sala criação 20 m ²	pupas	23.799,00	202	117,82	177,74	7,41
Ar condicionado (9000 btu)		1.300,00	101	12,87	14,86	0,62
Estante de aço	15 unidades	3.000,00	101	29,70	34,29	1,43
Tubos ensaio Vidro		577,00	101	0,00	0,00	0,00
Mesa	2 unidades	400,00	101	3,96	4,57	0,19
Timer		40,00	40	1,00	1,10	0,05
Pote coleta 50 ml	10 unidades	255,00	20	12,75	13,39	13,39
Lâmpadas Led 50 w	2 unidades	100,00	166	0,60	0,85	0,04
Utensílios manejo		50,00	35	1,43	1,55	0,06
Total (R\$)		2.8944,00		180,13	248,36	23,18

***Vida útil do produto:** A vida útil é o tempo que leva entre a aquisição do produto e o momento em que ele deixa de gerar caixa ou começar a representar um custo. Já o valor residual é o valor que sobra, em relação ao custo de aquisição, quando a vida útil do bem termina.

Tabela 08. Itens, quantidade e valores utilizados para cálculo dos custos variáveis de criação dos parasitoides em laboratório.

Itens	Quantidade	Valor (R\$)
Dieta (mel)	270 gr	12,00
Mão-de-obra	1 pessoa	64,29
Pupas unid	1.016	273,83
Pacote papel (liberação)	510	10,20
Material Limpeza	Por dieta	40,00
Luz Kw	148	125,80
Algodão	200gr	10,00
Total (R\$)		536,12


Após a realização do levantamento dos valores de todos os itens utilizados nas criações, foram realizados os cálculos para se obter o custo do milheiro de cada parasitoide.


O cálculo da pupa foi realizado com a seguinte fórmula:


$$\frac{\text{Custos fixos} + \text{custos variáveis} + \text{salário (com encargos e } 13^\circ\text{)}}{\text{n}^\circ \text{ total de pupas produzidas}}$$

Rendimento por receita de cada dieta





2 Dietas de *Diatraeae saccharalis* \cong 2000 pupas 

Dieta de *Tenebrio molitor* \cong 5000 pupas 

Dieta *Anticarsia gemmatalis* \cong 1000 pupas 













Aquisição de *Bombyx mori* = 2000 pupas 
(Valor de R\$140,00)

Valor da pupa hospedeira

Pupa		R\$
<i>Diatraea saccharalis</i>		0,55
<i>Anticarsia gemmatalis</i>		0,27
<i>Tenebrio molitor</i>		0,04
<i>Bombyx mori</i>		0,08

Progênie dos parasitoides por hospedeiro

Progênie de eulofideos por pupa hospedeira produzidas com a metodologia proposta e custo por milho.

Parasitoide	Hospedeiro	Progênie estimada
   	<i>Bombyx mori</i>	400
	<i>Atncicarsia gemmatalis</i>	250
	<i>Diatraea saccharalis</i>	250
	<i>Tenebrio molitor</i>	70
   	<i>Bombyx mori</i>	0,00
	<i>Atncicarsia gemmatalis</i>	117,08
	<i>Diatraea saccharalis</i>	126,58
	<i>Tenebrio molitor</i>	0,00
   	<i>Bombyx mori</i>	584,68
	<i>Atncicarsia gemmatalis</i>	135,88
	<i>Diatraea saccharalis</i>	67,04
	<i>Tenebrio molitor</i>	39,50

Cálculo do custo do parasitoide

$$\text{Custo da pupa} \div \text{progênie} \times 1000$$

Valor do custo da pupa dividido pelo número de indivíduos da progênie, multiplicado por 1000, obtém-se o valor do milho do parasitoide. Esse cálculo foi realizado para cada espécie de parasitoide: *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* e por cada pupa hospedeira diferente: *D. saccharalis*, *T. molitor*, *A. gemmatalis* e *B. mori*.

Tetrastichus howardi

$$Diatraea\ sacchalaris = 0,55/250 = 0,0022 * 1000 = R\$ 2,2.$$



$$Anticarsia\ gemmatalis = 0,27/250 = 0,001 * 1000 = R\$ 1,08.$$



$$Tenebrio\ molitor = 0,04/70 = 0,00057 * 1000 = R\$ 0,57.$$



$$Bombyx\ mori = 0,08/400 = 0,0006 * 1000 = R\$ 0,20.$$

Trichospilus diatraeae

$$Diatraea\ sacchalaris = 0,55/126,58 = 0,0043 * 1000 = R\$ 4,34.$$



$$Anticarsia\ gemmatalis = 0,27/117,08 = 0,0023 * 1000 = R\$ 2,30.$$



Tenebrio molitor = não parasitou, por isso não foram calculados.



Bombyx mori = não parasitou, por isso não foram calculados.

Palmistichus elaeisis

$$Diatraea\ sacchalaris = 0,55/67,04 = 0,0082 * 1000 = R\$ 8,20.$$



$$Anticarsia\ gemmatalis = 0,27/135,88 = 0,0019 * 1000 = R\$ 1,90.$$



$$Tenebrio\ molitor = 0,04/39,50 = 0,0010 * 1000 = R\$ 1,01.$$



$$Bombyx\ mori = 0,27/250 = 0,0022 * 1000 = R\$ 2,20.$$

RESULTADOS

Após a realização do levantamento dos valores de todos os itens utilizados nas criações, foram realizados os cálculos para se obter o custo do milho de cada parasitoide.

Os valores estimados obtidos por milho de *T. howardi* foram R\$ 3,04; R\$ 2,16; R\$ 0,88; R\$ 2,72, criados em pupas de *D. saccharalis*, *T. molitor*, *B. mori* e *A. gemmatalis*, respectivamente. Os valores estimados obtidos por milho de *P. elaeisis* foram R\$ 8,20 reais criados em pupas de *D. saccharalis*, R\$ 1,01 reais criados em *T. molitor*, R\$ 0,13 criados em *B. mori* e R\$ 1,90 criados em *A. gemmatalis*. Os valores estimados obtidos por milho de *T. diatraeae* foram R\$ 4,3 criados em pupas de *D. saccharalis*, R\$ 2,30 reais em *A. gemmatalis*. Os hospedeiros *T. molitor*, *B. mori* não tiveram resultados promissores para criação de *T. diatraeae* em larga escala, não teve emergência de adultos, por isso, não foi calculado (Tabela 1).

Tabela 1. Custo das pupas hospedeiras, valor do milho.
























Custos	<i>D. saccharalis</i>	<i>T. molitor</i>	<i>B. mori</i>	<i>A. gemmatalis</i>
Custo Total (R\$)	 550,00	 40,00	 80,00	 270,00
Custo Total (US\$)	 3168,00	 230,40	 460,80	 1555,20
















Tabela 2. Progenie de eulofídeos por pupa hospedeira produzida com a metodologia proposta e custo por milho.

Custo total (R\$)	Hospedeiros			
	<i>D. saccharalis</i>	<i>T. molitor</i>	<i>B. mori</i>	<i>A. gemmatalis</i>
<i>P. elaeisis</i> 	 8,20	 1,01	 0,13	 1,90
<i>T. diatraeae</i> 	 4,34	 ***	 ***	 2,30
<i>T. howardi</i> 	 2,20	 0,57	 0,20	 1,08

***Não teve emergência de adultos parasitoides.

O custo dos parasitoides foi feito a partir da progênie obtida de cada pupa hospedeira, ou seja, o valor do custo da pupa é dividido pelo número de parasitoides emergentes daquela pupa, multiplicado por 100, que se obteve o valor do milho dos parasitoides. Esse cálculo foi realizado para as três espécies de parasitoides *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis*, em 4 diferentes pupas hospedeiras sendo elas: *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *T. molitor* e *B. mori*.

Tabela 03. Custo de produção de pupas dos hospedeiros por milho em reais e dólar americano* Dourados, MS. 2021.

Custo total (US\$)	Hospedeiros			
	<i>D. saccharalis</i>	<i>T. molitor</i>	<i>B. mori</i>	<i>A. gemmatalis</i>
<i>P. elaeisis</i> 	 47,23	 5,81	 0,74	 10,94
<i>T. diatraeae</i> 	 24,99	 ***	 ***	 13,24
<i>T. howardi</i> 	 12,67	 3,28	 1,15	 6,22

*Valor de um dólar americano cotado em R\$ 5,76.

***Não houve emergência de adultos parasitoides.

Tabela 04. Custo de produção de pupas dos hospedeiros por milho em reais e dólar americano* Dourados, MS. 2022. Valores atualizados.

Custo total (US\$)	<i>D. saccharalis</i>	<i>T. molitor</i>	<i>B. mori</i>	<i>A. gemmatalis</i>
<i>P. elaeisis</i> 	 38,86	 4,78	 0,61	 9,00
<i>T. diatraeae</i> 	 20,57	 ***	 ***	 10,90
<i>T. howardi</i> 	 10,42	 2,70	 0,94	 5,11

*Valor de um dólar americano cotado em R\$ 4,74, em 26/03/2022.

***Não houve emergência de adultos parasitoides.

DISCUSSÃO

Criações massais envolvem grande produção de insetos, por meio de profissionais altamente qualificados, para atender as criações e demandas administrativas do laboratório. Conforme ocorre o aumento do número de insetos produzidos, ampliam-se os problemas relacionados contaminação, instalações, custos e controle de qualidade dos insetos (PARRA et al., 2002). O custo, a capacidade de produção da pupa e a qualidade da progênie dos parasitoides são fatores essenciais para a escolha do hospedeiro correto para cada espécie de parasitoide (PEREIRA et al., 2021).

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar os custos de produção de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* em variados hospedeiros, através da contabilidade dos custos, cada etapa do processo foi estudada e discriminada de acordo com suas técnicas dentro dos processos, os materiais e mão-de-obra foram alocados de acordo com a demanda de produção, direcionando cada custo para o departamento responsável pelo consumo.

Bombyx mori foi o hospedeiro mais adequado apresentando menor valor de custo, isso está relacionado ao fato de ter sido comprado o que pode ter ocasionado uma queda no custo, gerando melhor custo benefício na produção, outro fato é que por ser maior do que as outras pupas, emergem maiores quantidades de descendentes parasitoides em geral, proporcionando a otimização a produção de parasitoides potencializando sistemas de criações, levando a ganhos de escala, ou seja, redução do custo por unidade produzida (MENDES et al., 2005).

Por outro lado, *B. mori* não foi um hospedeiro efetivo para criação de *T. diatraeae*, pois não houve emergência da progênie. Isso pode estar relacionado a falta de adaptação ao ambiente, ao stress do transporte que está intimamente ligado às oscilações de temperatura, influenciando no desenvolvimento do inseto, considerando que as pupas de *B. mori* foram adquiridas da indústria do setor têxtil. Trabalhos demonstram que temperaturas iguais ou maiores que 41 °C afetam drasticamente a sobrevivência do parasitoide (GLAESER et al., 2016).

Tenebrio molitor é um hospedeiro amplamente estudado e a metodologia de criação de parasitoides com este hospedeiro já é bem estabelecida em criações de laboratório, sendo utilizada apenas uma pupa do hospedeiro nas diferentes densidades de *P. elaeisis*, algumas densidades deste parasitoide foram testadas em pupas de *T. molitor*, sendo elas 7:1, 14:1, 21:1, e 28:1 e todas são satisfatórias para a reprodução desse inseto. Sendo a densidade de 7:1 a mais adequada para viabilizar a criação massal

desse parasitoide (MOREIRA, et al., 2016). Nota-se neste estudo que a densidade de 5 pupas no parasitismo afeta as características biológicas do parasitoide, neste caso, *T. diatraeae* não obteve recursos suficientes para conseguir se desenvolver, o desenvolvimento dos insetos está diretamente ligado ao fator nutricional, sendo importante o conhecimento da preferência alimentar, nutricional, tipo de comportamento e suas consequências nas características biológicas do parasitoide (PANIZZI e PARRA, 2009).

Tenebrio molitor apresenta alto teor proteico (18%) e lipídico (10%), é fonte de aminoácidos essenciais e ácidos gordos, é equiparado a outras fontes de proteína animal, possui baixo teor de contaminantes químicos e, apesar da elevada carga microbiana não apresenta bactérias patogênicas. *Tenebrio molitor* são insetos que possuem uma excelente fonte dos aminoácidos essenciais como: histidina, treonina, fenilalanina e tirosina (COSTA, 2017). A grande vantagem na criação massal do *T. molitor* é sua capacidade e facilidade de reprodução, cada fêmea coloca em torno de 200 a 500 ovos no substrato da caixa de criação (COOK et al., 2020).

Anticarsia gemmatilis apresentou valor intermediário, foi mais estável pois obteve emergência para *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis*, vários trabalhos evidenciam a eficiência biológicas destas espécies (FERNANDES, 2018; OLIVEIRA et al., 2018; PASTORI et al., 2012).

Diatraea saccharalis apresentou emergência de *T. howardi*, *T. diatraeae* e *P. elaeisis* e foi o hospedeiro de custo mais elevado, isso está relacionado ao fato de sua dieta ser mais cara e além do fato de se alimentarem de dois tipos de dieta diferentes durante o seu ciclo de vida, vários trabalhos comprovam seu alto teor nutritivo no desenvolvimento de parasitoides (ALVARES et al., 2007; CALADO et al., 2014; COSTA et al., 2014). Outros trabalhos devem ser realizados, com pupas de *D. saccharalis* adquiridas, como no caso do *B. mori*, para se avaliar qualidade das pupas e custos, existe a possibilidade de este hospedeiro ser utilizado nestas condições.

Estudos demonstram que análise econômica do custo de produção se faz necessário, juntamente com o controle de qualidade, fornecendo uma base para a decisão de iniciar um negócio, bem como para as biofábricas já instaladas. *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) é um parasitoide amplamente estudado e utilizado em áreas de cana-de-açúcar para controlar a broca *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974) (Lepidoptera: Crambidae). O custo de *C. flavipese*, criadas em *D.*

saccharalis, na densidade cinco larvas é de apenas US\$ 0,05 por massa de pupa (VACARI et al., 2012).

Alguns autores realizaram o custo de produção de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) multiplicados em hospedeiros naturais e alternativos. O custo de produção de *T. remus* foi realizado em *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Corcyra cephalonica* (Stainton; Lepidoptera: Pyralidae) (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae), os quais foram comparados para facilitar a produção de insetos de alta qualidade a um baixo custo de produção para permitir a liberação desse parasitoide no campo. *Telenomus remus* criados em *C. cephalonica* apresentou menor custo de produção, do que quando criados com o hospedeiro natural *S. frugiperda*. O custo de produção de *T. remus* em laboratório, utilizando o hospedeiro natural *S. frugiperda*, foi de US\$ 0,0004 e utilizando o hospedeiro alternativo *C. cephalonica* foi de US\$ 0,0002 por parasitoide (VIEIRA et al., 2017).

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a viabilidade econômica desta atividade. No entanto, é necessário que se estabeleça qual melhor época e quantidade adequada para a liberação, levando em consideração a praga-alvo, a cultura e os sistemas de cultivos a serem adotados (OLSON & ANDOW 2006).

Com base na metodologia adotada e resultados obtidos, devemos levar em consideração, não só o valor econômico da pupa, mas os índices de parasitismo e emergência de parasitoides por pupa que podem variar em função não só com o hospedeiro, mas entre os lotes de produção. Por isto, recomenda-se fazer uma análise biológica prévia sempre antes de escolher definitivamente o hospedeiro para a produção de *T. howardi*. Essas informações são importantes para que biofábricas obtenham maior retorno econômico produzindo e comercializando *T. howardi*, *P. elaisis* e *T. diatraeae* de melhor qualidade e menor custo.

O Brasil é um exemplo de sucesso no uso de biodefensivos, principalmente com produtos à base de *Bacillus thuringiensis*, *Baculovirus*, *Metarhizium*, *Trichoderma* e *Cotesia*, entre outros. Com o custo dos parasitoides estabelecido, o produtor consegue avaliar melhor e fazer sua tomada de decisão no controle dos insetos praga no campo. Este estudo trata-se de estudo pioneiro e, nesse caso, não foi possível realizar uma análise de mercado. Fica evidente a necessidade de novos estudos a respeito do custo de produção de parasitoides para controle biológico, pois é uma alternativa interessante para

reduzir a utilização de produtos químicos e, certamente, uma alternativa mais econômica.

Importante mencionar que estudos de custo de liberação devem ser realizados, como pesquisas, prestação de serviços, liberações inoculativas no campo entre outros fatores para que se possa obter valores mais específicos e transferir aos produtores e consumidores.

CONCLUSÕES

Bombyx mori e *T. molitor* foram os hospedeiros de menor custo, sendo adequados para otimizar criações de *P. elaeisis* e *T. howardi*, sem afetar a qualidade.

Bombyx mori e *T. molitor* não devem ser utilizados para criações de *T. diatraeae*, exclusivamente com esta metodologia.

Anticarsia gemmatalis possui bom custo benefício, sendo adequada para criar os 3 parasitoides.

Diatraeae saccharalis é o hospedeiro de maior custo de produção, é adequada para criar os 3 parasitoides.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA R.H., PEREIRA F.F., MOTOMIYA A.V.A., KASSAB S.O., ROSSONI C., TORRES J.B., MUSSURY R.M., PASTORI P.L. 2019. *Tetrastichus howardi* density and dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer. *Neotropical Entomology*. **48**: 323-331. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-018-0646-z>
- CAMARGOS M.G., COSTA M.L.Z., MIRANDA E.S. 2017. Custos variáveis de produção de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) para controle de moscas-das-frutas. *IPecege*. **3**: 9-25. DOI: 10.22167/r.ipecege.
- CARVALHO R.S., NASCIMENTO A.S. 2002. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae). p. 165-179. In: Parra, J.R.P.; Botelho, P.S.M.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Bento, J.M.S. (Ed.). *Controle biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores*, São Paulo, SP, Brasil.
- FERNANDES W.C. 2018. Desempenho Biológico de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas, pupas e pré-pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebididae) em condições de laboratório e semi-campo. Dourados, MS. UFGD. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Dourados, MS. 155p.
- FERREIRA J.A. 2007. *Contabilidade de custos*. Editora Ferreira, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- GREENE G.L., LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvet bean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, **69**: 487-488, 1976.
- IBGE. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Acesso em 10/09/2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/242/ind_sinapi_2020_ago.pdf.
- LUCCHETTA, J.T. 2016. **Parasitismo E Desenvolvimento de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. Dourados, MS. UFGD. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Dourados, MS. 67p.
- MENDES S.M., BUENO V.H.P., CARVALHO L.M., REIS R.P. 2005. Custo da produção de *Orius insidiosus* como agente de controle biológico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. **40**: 441-446.

PARRA J.R.P. 2021. Elaboração de programas de controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar. 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, 317-361.

PARRA, J.R.P. 2007. Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. 6ª ed. Piracicaba: ESALQ/FEALQ.

PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; CALADO, V. R. F.; VARGAS, E. L.; OLIVEIRA, H. N.; ZANUNCIO, J. C. 2015. Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. The Florida Entomologist. **98**: 377-380. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.098.0164>

RODRIGUES B.A.C., PEREIRA F.F., Oliveira F.G., VARGAS E.L., CALADO V.R.F., SILVA N.V. 2012. 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. Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão.

SANTOS F.A., WILCKEN C.F., NANINI F., CORREA A.S., GIANEZI L.V.B., PEREIRA F.F. 2021. *Iridopsis panopla* (lepidoptera: geometridae): uma nova lagarta desfolhadora de eucalyptus no brasil. Segundo Encontro de Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados.

SIVINSKI J., CALKINS C.O., BARANOWSKI R., HARRIS D., BRAMBILA J., DIAZ J., BURNS R.E., HOLLER T., DODSON G. 1996. Suppression of a Caribbean fruit fly by (*Anastrepha suspensa* (Loew), Diptera: Tephritidae) population through augmented releases of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). Biological Control. **6**: 177-185.

SUGUIYAMA A.M., MOREIRA G.C. 2015. Mensuração dos custos de laboratório para produção da vespa *Cotesia flavipes* - inimigo natural da broca da cana-de-açúcar na Usina Naviraí S.A.: uma análise comparativa. Revista iPecege. **1**: 79-97.

ZANUNCIO JUNIOR J.S., VIANNA U.R., ZANUNCIO J.C., PEREIRA F.F. 2012. Técnica de criação de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae). (In: Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais. D. PRATISSOLI ed. EDUFES, Vitória): 241-250.

Capítulo IV

**Liberação de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae*
(Hymenoptera: Eulophidae) no controle da lagarta-parda do eucalipto**



Liberação de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae*
(Hymenoptera: Eulophidae) no controle da lagarta-parda do eucalipto

RESUMO

Palmistichus elaeisis, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) são importantes agente de controle biológico de lepidópteros praga, entre estes *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). Foi comparado as características biológicas (parasitismo, emergência, duração do ciclo de vida, progênie, razão sexual e longevidade de adultos) de *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* criados em pupa de *T. arnobia*, em condições de laboratório. Bem como, avaliou-se a capacidade de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* parasitarem e reduzirem a população de *T. arnobia* em plantios de eucalipto, com até 30% de desfolha, e/ou acima de 10 lagartas/100 folhas, com mais de 40 pupas/ha. Inicialmente, pupas de *T. arnobia* foram expostas individualmente ao parasitismo por uma fêmea de *T. howardi*, de *P. elaeisis* e de *T. diatraeae*, e após 24 horas de exposição às pupas, as fêmeas parasitoides foram removidas e as pupas transferidas para tubos de vidro (15 x 1 cm), mantidas a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 14 h de fotofase e $70\pm 10\%$ umidade relativa. A porcentagem de parasitismo e emergência; duração do ciclo de vida; progênie total; razão sexual e longevidade de adultos foram superiores para *T. diatraeae* com 100,00 (%); $57,14\pm 4,93$ (%); $28,67\pm 0,49$ dias; $89,25\pm 9,67$ indivíduos; $0,94\pm 0,01$; $10,00\pm 1,16$ dias e $10,20\pm 1,80$ dias, respectivamente. Todos os parasitoides conseguiram se reproduzir com êxito em pupas de *T. arnobia*. Sendo *T. diatraeae*, o inimigo natural, que apresentou de maneira geral, as melhores características biológicas. O experimento 2 foi conduzido em plantios comerciais de eucalipto. Foram utilizadas 15.000 fêmeas de *P. elaeisis* em 9 pontos/hectare, sendo 1.660 fêmeas por ponto de liberação. Com distância entre os pontos de liberação de 33 metros, em 60 hectares, o mesmo foi realizado para *T. howardi* e *T. diatraeae*. A porcentagem de parasitismo de pupas de *T. arnobia* por fêmeas de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* foi de 23,60; 18,00 e 25,10%, respectivamente em plantios de eucalipto, aos 15 dias, com decréscimo da população de adultos desse lepidóptero aos 30 dias e, praticamente, nulo aos 45 dias após sua liberação na quantidade de 15.000 parasitoides de cada espécie separadamente por hectare. *Thyriniteina arnobia* foi controlada com as liberações dos parasitoides em eucalipto no Mato Grosso do Sul.

Palavras-chave: Parasitoides, Eulofídeos, *Thyriniteina arnobia*.

ABSTRACT

Palmistichus elaeisis, *Tetrastichus howardi* and *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) are important biological control agents of lepidopteran pests, among them *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). The biological characteristics (parasitism, emergence, life cycle duration, progeny, sex ratio and adult longevity) of *P. elaeisis*, *T. diatraeae* and *T. howardi* reared in *T. arnobia* pupae under laboratory conditions were compared. In addition, the ability of *P. elaeisis*, *T. howardi* and *T. diatraeae* to parasitize and reduce the population of *T. arnobia* in eucalyptus plantations, with up to 30% defoliation, and/or above 10 caterpillars/100 leaves, with more than 40 pupae/ha. Initially, *T. arnobia* pupae were individually exposed to parasitism by a female of *T. howardi*, *P. elaeisis* and *T. diatraeae*, and after 24 hours of pupae exposure, the parasitoid females were removed and the pupae transferred to tubes of glass (15 x 1 cm), kept at 25±2°C, 14 h of photophase and 70±10% relative humidity. The percentage of parasitism and emergence; life cycle duration; total progeny; sex ratio and adult longevity were higher for *T. diatraeae* with 100.00 (%); 57.14±4.93 (%); 28.67±0.49 days; 89.25±9.67 individuals; 0.94±0.01; 10.00±1.16 days and 10.20±1.80 days, respectively. All parasitoids were able to successfully reproduce in *T. arnobia* pupae. Being *T. diatraeae*, the natural enemy, which generally presented the best biological characteristics. Experiment 2 was carried out in commercial eucalyptus plantations. A total of 15,000 females of *P. elaeisis* were used at 9 points/hectare, with 1,660 females per release point. With a distance between the release points of 33 meters, in 60 hectares, the same was done for *T. howardi* and *T. diatraeae*. The percentage of *T. arnobia* pupae parasitism by *P. elaeisis*, *T. howardi* and *T. diatraeae* females was 23.60; 18.00 and 25.10%, respectively, in eucalyptus plantations, at 15 days, with a decrease in the population of adults of this lepidopteran at 30 days and, practically, null at 45 days after its release in the amount of 15,000 parasitoids of each species separately per hectare. *Thyrinteina arnobia* was controlled with parasitoid releases in eucalyptus in Mato Grosso do Sul.

Keywords: Parasitoids, Eulophids, *Thyrinteina arnobia*.

INTRODUÇÃO

Lepidópteros desfolhadores são importantes pragas em plantios de eucalipto (GARLET et al., 2016; MAFIA et al., 2018). Muitas espécies nativas desse grupo apresentam danos econômicos (OLIVEIRA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2016). A lagarta-parda-do-eucalipto, *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), destaca-se como uma das principais pragas do eucalipto e surtos populacionais desse inseto tornaram-se cada vez mais frequentes (GARLET et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016). Surge então, a necessidade de se fazer um controle desta praga no campo, afim de minimizar esses danos causados pelo Lepidóptero.

Insetos parasitoides têm grande importância no equilíbrio dos agroecossistemas pela sua diversidade e altos níveis de parasitismo sobre seus hospedeiros. A maioria dos parasitoides pertence às ordens Hymenoptera e Diptera com aproximadamente 115.000 espécies descritas, no entanto, estimam-se que tal número possa chegar a 250.000 (HANSON e GAULD, 1995; VAN-DRIESCHE e BELLOWS, 1996). Espécies de Ichneumonidae, Braconidae, Scelionidae e Eulophidae, inimigos naturais mais abundantes em povoamentos de eucalipto (DALL' OGLIO et al., 2003), parasitam ovos, larvas, pupas e/ou adultos, principalmente de Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hemiptera em florestas plantadas.

O parasitoide *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) se desenvolve em pupas de lepidópteros e, portanto, impede a emergência de adultos de insetos que são considerados pragas. O parasitismo de *P. elaeisis* foi relatado em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lepidoptera: Arctiidae); *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae) (DELVARE e LASALLE, 1993); *Sabulodes* sp. (Lepidoptera: Geometridae) (BITTENCOURT e BERTI FILHO, 1999); *T. arnobia* e *T. leucoceraea* (Kollar, [1844]). A facilidade de ser criado em grandes quantidades e ser generalista caracteriza *P. elaeisis* como um agente promissor para ser utilizado no controle de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, principalmente, de espécies do gênero *Thyriniteina* (PEREIRA et al., 2008a; PEREIRA et al., 2010a).

Trichospilus diatraeae Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) é outro parasitoide, que foi encontrado em pupa de *T. arnobia* em condições naturais no Brasil (PEREIRA et al., 2008b) e suas características biológicas foram investigadas por ZACHE e WILCKEN (2011).

Tetrastichus howardi (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) foi relatado em lagartas, pupas e até mesmo em adultos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul (PEREIRA et al., 2015). Pupas de *T. arnobia* também já foram parasitadas por *Tetrastichus* sp. (BERTI FILHO, 1974), mas não há nenhum trabalho mais elaborado de biologia deste parasitoide sobre pupas de *T. arnobia*.

O fato dos três eulofídeos parasitarem naturalmente pupas de *T. arnobia* nos motivou a realizar este trabalho para selecionar a espécie com maior eficiência de parasitismo e desenvolvimento, visando sua posterior utilização em programa de controle biológico desse lepidóptero desfolhador em plantios comerciais de eucalipto no Mato Grosso do Sul.

OBJETIVOS

Comparar as características biológicas (parasitismo, emergência, duração do ciclo de vida, progênie, razão sexual e longevidade de adultos) entre *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* criados em pupa de *T. arnobia*, em condições de laboratório.

Avaliar a capacidade de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* parasitarem pupa e reduzir a população de *T. arnobia* em plantios de eucalipto, com até 30% de desfolha, e/ou acima de 10 lagartas/100 folhas ou com mais de 40 pupas/ha.

MATERIAL E MÉTODOS

Etapa 1. Biologia comparada de eulofídeos em pupas de *Thyrintea arnobia*

Foi desenvolvida nas dependências do Laboratório de Controle biológico de Insetos (LECOBIOL) pertencentes a Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados (MS) e em Plantios comerciais de *Eucalyptus grandis*, em Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, com as seguintes etapas:

Para realização dos experimentos, foi necessário a manutenção das espécies hospedeiras como já citado nos trabalhos anteriores.

Criação dos parasitoides para serem utilizados no experimento

Cinco fêmeas de *T. howardi*, *P. elaeisis* e de *T. diatraeae* com 72 horas de idade foram mantidas em tubos de vidro (14,0 cm de diâmetro e 2,0 cm de altura) vedados com pedaços de algodão, contendo em seu interior gotículas de mel para alimentação das fêmeas parasitoides. Pupas de *Diatraea saccharalis* provenientes da criação estoque do Lecobiol, com 24 horas de idade, foram expostas individualmente aos parasitoides por 24 horas. Após esse período, as pupas foram individualizadas em tubos de vidro e mantidas em câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e 14 h de fotofase, até a emergência de parasitoides adultos (Figura 1) (PEREIRA et al., 2008a; VARGAS et al., 2011).



Figura 1- Esquema de criação de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* no Lecobiol.

Criação do hospedeiro natural

Thyrintaina arnobia foram coletados em plantios de eucalipto e criados de acordo a metodologia proposta por (OLIVEIRA et al., 2010).

As lagartas foram alimentadas com folhas de goiabeira (*Psidium guajava*), um galho foi colocado em um recipiente e as lagartas se alimentavam dele até atingirem a fase de pupa. Os galhos selecionados devem ser os que estão nos ponteiros das plantas, com 3 ou 4 pares de folhas, proporcionando abrigo, alimento e melhor desenvolvimento larval. Devendo considerar que não pode ser utilizado nenhum tipo de agrotóxicos nessas plantas que são utilizadas na alimentação das lagartas, afim de que não causem prejuízo no desenvolvimento ou a mortalidade larval de *T. arnobia*. O desenvolvimento larval dura de 25 a 30 dias.

Após o período de lagartas, estas se transformam em pré-pupas, fase que dura em média 48 horas, depois passam para a fase de pupa, a qual fica enrolada na folha da goiabeira, a fase pupal dura em média 10 dias. Após as pupas são retiradas dos recipientes e transferidas para gaiolas onde fazem suas posturas em galhos previamente acondicionados no interior das gaiolas. Aproximadamente 20 casais foram colocados em cada gaiola de madeira de aproximadamente 38 x 41 x 45 cm, contendo folhas de papel sulfite tipo A4 coladas nas paredes internas, servindo como local de oviposição.

As mariposas são alimentadas com uma solução de água e mel embebidas em algodão, a cada dois dias é realizada a troca desta dieta líquida para evitar contaminação. Tanto as mariposas quanto os ovos devem ser mantidos em salas climatizadas com 25 ± 3 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

A postura é colocada posteriormente juntamente com os galhos com folhas, quando ocorre a emergência das lagartas neonatas, elas já começam a se alimentar dando continuidade no ciclo de desenvolvimento do inseto (Figura 2) (OLIVEIRA et al., 2010).



Fonte: PEREIRA, F. F.

Figura 2- Esquema de criação de *T. arnobia*.

Desenvolvimento experimental

Pupas de *T. arnobia* foram expostas individualmente ao parasitismo por uma fêmea de *T. howardi*, *P. elaeisis* e/ou *T. diatraeae* em potes plásticos do tipo coletor universal (80ml). Após 96 horas (tempo estimado para que possa ocorrer o parasitismo em campo) em contato com pupas, as fêmeas parasitoides foram removidas e os potes contendo as pupas foram mantidos em sala climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 14 h de fotofase e $70 \pm 10\%$ umidade relativa até a emergência da progênie dos parasitoides. Para constatar a viabilidade do hospedeiro, 12 pupas de *T. arnobia* foram individualizadas em potes plásticos do tipo coletor universal (80ml) nas mesmas condições anteriormente citadas, entretanto, sem a presença dos parasitoides (testemunha) (Figura 3). Tal procedimento possibilitou determinar o número de adultos de *T. arnobia* emergidos, bem com a sua mortalidade natural.

Etapa 1. Biologia comparada de eulofídeos em pupas de *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae).

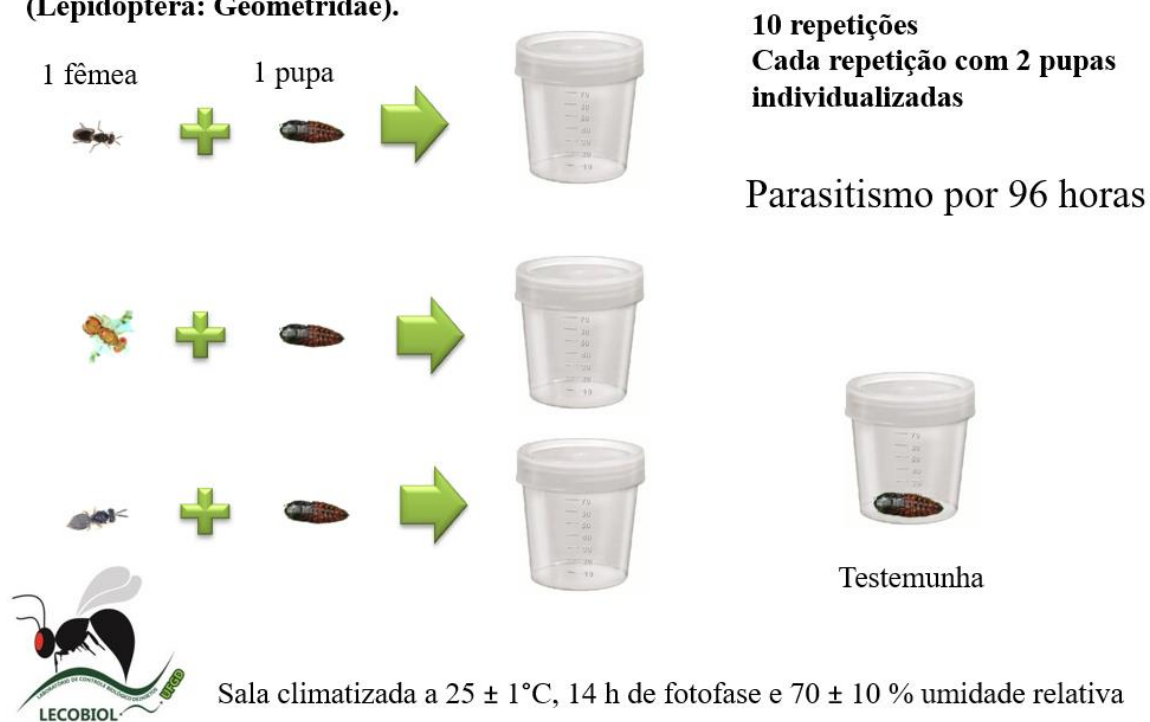


Figura 3- Esquema de montagem do experimento, no laboratório.

Foram avaliadas a porcentagem de parasitismo (%P) [(número de pupas de *T. arnobia* com emergência de parasitoides + pupas sem emergência de adultos de *T. arnobia*)/(número total de pupas) × 100]; porcentagem de emergência (%E) [(número de pupas de *T. arnobia* com emergência de adultos dos parasitoides)/(número de pupas parasitadas) *T. arnobia* × 100]; duração do ciclo de vida (período de desenvolvimento do parasitoide imaturo contado a partir do dia do parasitismo até a emergência do adulto); progênie total (número de parasitoides emergidos por hospedeiro parasitado); razão sexual (número de fêmeas/número total de parasitoides emergidos). Para avaliação da longevidade média de machos e de fêmeas em cada tratamento, foram selecionados ao acaso 15 fêmeas e 10 machos de cada parasitoide, sendo os indivíduos coletados no dia de sua emergência, individualizados em microtubos (ependorfs) vedados com algodão e contendo uma gota de mel puro para alimentação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (espécies dos parasitoides) e 10 repetições, sendo cada repetição constituída por um grupo de duas pupas individualizadas + uma fêmea do parasitoide, totalizado 20 pupas por tratamento. Os dados das características biológicas foram submetidos a análise de variância e ao Teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Etapa 2. Liberação de *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* para controle biológico da lagarta-parda do eucalipto

Local, cultura, solo e adubação

O experimento foi desenvolvido na Fazenda São Guilherme. Empresa Brasilwood, em Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, em 11 de dezembro de 2018, nos Talhões 106, 105, 112 e 111, coordenadas geográficas do local da liberação, Latitude. 20; 33; 21.14, com Longitude 53; 30; 50.42 e Altitude 439.8 metros.

A espécie vegetal utilizada foi *Eucalyptus urograndis*, variedade/clon/material: VT 01 + 144, com idade de 3,5 anos. O espaçamento foi de 0,70 x 2,20m entre linhas e entre plantas. Não foi efetuado controle de outras pragas e doenças durante as liberações. O solo é classificado como do tipo Latossolo Vermelho distrófico. Dados de adubação: Corretivo 1300 kg/ha. Plantio. 340 kg de 10-27-10. 1º Cobertura. 125 kg/ha de 21-00-21.

2º Cobertura. 125 kg/ha de 21-00-21, 3º Cobertura. 125 kg/ha de 12-00-3 (Dados fornecidos pela empresa onde foi realizada a liberação, Brasilwood).

Para o preparo do material para liberação, foram selecionadas sacolinhas do tipo kraft, as quais foram colocadas 9 pupas previamente parasitadas, com data próxima a emergência dos adultos parasitoides, para que ao chegar no campo, logo ocorra a emergência e conseqüentemente o parasitismo. A sacolinha foi selecionada desse material, pois é de fácil degradação e serve de alimentos para as formigas que estão no local, por tanto não foi deixado resíduos no ambiente (Figura 4).

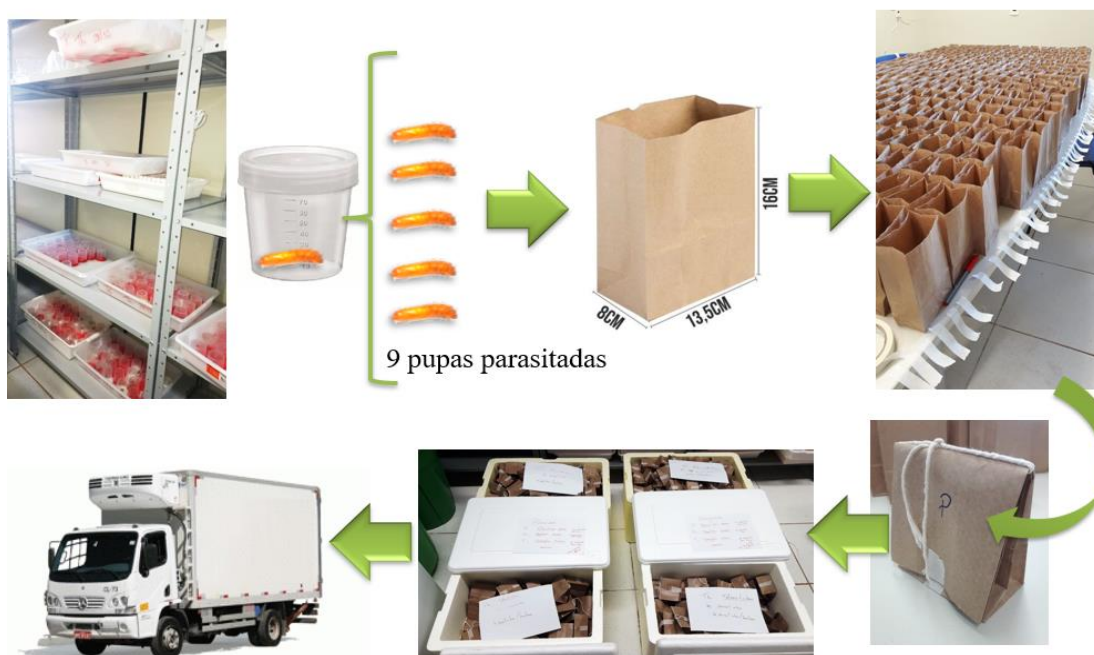


Figura 4- Preparação do material para liberação em campo.

Ao chegar na empresa Brasilwood, foi ofertado um treinamento, sobre as áreas de eucalipto em que seriam feitas as liberações e prevenção de incêndio e de acidentes. Depois foi realizado treinamento da equipe que auxiliou nas liberações dos parasitoides no campo.

Tamanho das parcelas e área do experimento

Parcela de 1 hectare com 9 pontos de coleta = Total de 60,21 hectares. Distância entre pontos 33 metros. Distância entre parcelas 100 metros. Talhão 105 = 60,21 hectares. Talhão 111 = 54,75 hectares.

Amostragem e infestação

Dezesseis árvores de eucalipto por talhão foram inspecionadas e selecionadas aleatoriamente. Foi coletado de cada árvore (no terço inferior), um galho com aproximadamente 100 folhas (Figura 5). As lagartas e pupas de *T. arnobia* em plantas de eucalipto, foram contadas visando determinar a intensidade de infestação. Os índices de desfolha pelas lagartas foram avaliados em todos os talhões. A estimativa foi feita por meio da contagem do número de lagartas por 100 folhas.



Figura 5- Amostragem da infestação larval.

Situação X Controle

Existem 3 tipos de situações no controle biológico e para cada tipo, uma maneira de controle, como será exemplificado a seguir:

Situação 1: com 5 a 10% de desfolha, ou de 1 a 5 lagartas/100 folhas. Abaixo de 40 pupas de *T. arnobia*, por hectare. Liberação de 1.200 parasitoides.

Situação 2: com 11 a 20% de desfolha, ou de 6 a 10 lagartas/100 folhas, ou 40 pupas de *T. arnobia*, por hectare. Liberação de 7.200 parasitoides.

Situação 3: com 21 a 30% de desfolha, acima de 10 lagartas/100 folhas, ou acima de 40 pupas de *T. arnobia*, por hectare. Liberação de 15.000 parasitoides.

Neste trabalho foi utilizado a situação 3 com mais de 10 lagartas por 100 folhas. As amostragens foram realizadas após 15, 30 e 45 dias de liberação.

Liberação dos parasitoides

Método de liberação

Em cada ponto de liberação, foram colocadas 1700 fêmeas parasitoides. Totalizando 15 mil fêmeas de cada espécie, em 9 pontos por hectare (Figura 7), em cada ponto foi colocado a sacolinha (Figura 6) com os parasitoides mais uma armadilha adesiva amarela (Figura 6), a qual foi retirada após 15 dias, para investigação de coleta dos parasitoides. A área total do experimento foi de 200 hectares. Essa metodologia foi desenvolvida no intuito de evitar a predação por formigas (Tabela 01).



Figura 6. A- Armadilha adesiva amarela. B- Sacolas Kraft com parasitoides em seu interior.

Importante salientar que na área do talhão foi utilizada sem liberação, distante a 100 metros como controle. As liberações foram feitas de forma aleatória, devido ao tamanho e distâncias das áreas utilizadas e infestadas por *T. arnobia* não foi possível montar o experimento em delineamento em blocos casualizados, por isto não foi possível comparar os dados estatisticamente (Tabela 01).

Croqui da liberação

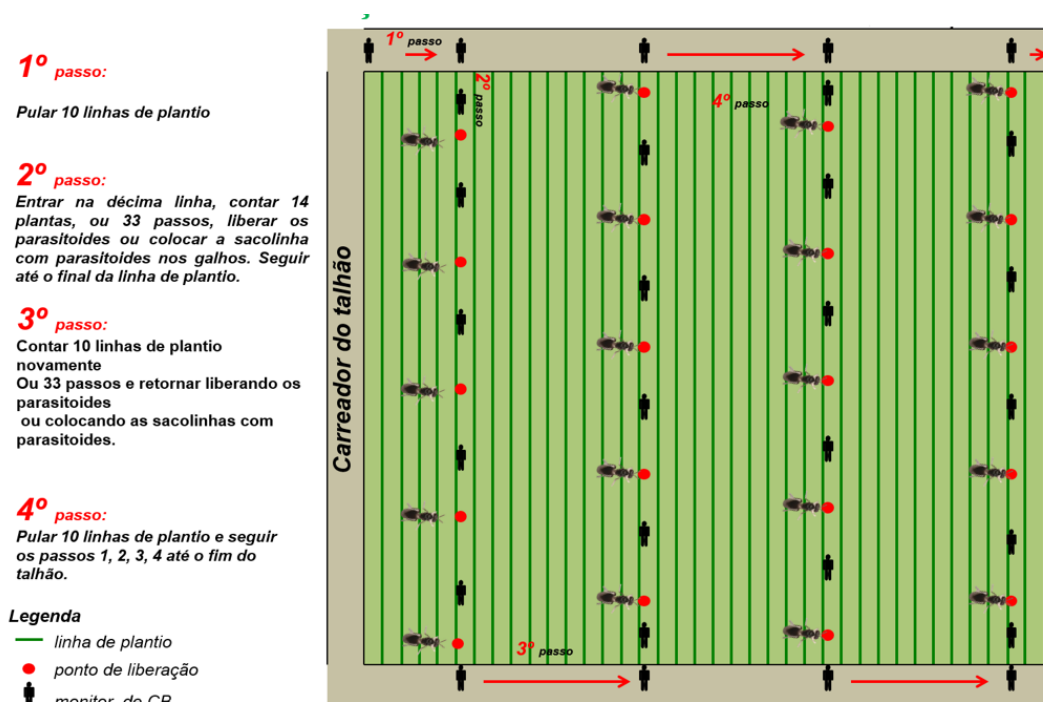





Figura 7- Esquema de liberação de eulofídeos na cultura do eucalipto.

Tabela 01. Liberação de eulofídeos em plantios de eucalipto em 11 de dezembro de 2018.

Espécie de parasitoide	Quantidade	Repetições	Talhões
<i>Palmistichus elaeisis</i>	15.000	4 	105 e 111
<i>Tetrastichus howardi</i>	15.000	4 	105 e 111
<i>Trichospilus diatraeae</i>	15.000	4 	105 e 111
Controle	0	4	105 e 111

Condições ambientais durante a liberação

A temperatura do ar foi de 23,9°C, umidade relativa do ar 77%, velocidade do vento 1,6 a 3,7 km/h, horário da liberação: 7:00 horas, Término: 16:00 horas.

Métodos de avaliações

As avaliações foram realizadas aos 15, 30, e 45 dias após a liberação dos parasitoides, foi feita a contagem do número de lagartas por 100 folhas, número de pupas, número de pupas parasitadas e índice de desfolha.

As armadilhas amarelas foram coletadas após 15 dias da liberação e conduzidas ao LECOBIOLOG para quantificar a presença dos parasitoides. O índice de parasitismo nas áreas foi avaliado com a coleta aleatória de 50 pupas de lepidópteros desfolhadores nos talhões aos 15, 30 e 45 dias, dias após a liberação. As pupas foram individualizadas em potes plásticos transparentes de 80 mL com a devida identificação: nome do coletor, data, talhão, material/clone, local/empresa e este material foi conduzido para LECOBIOLOG.

Após a coleta das pupas no campo, no laboratório foram realizadas as contagens dos insetos. As pupas que vieram do campo estavam individualizadas em potes plásticos transparentes de 80 mL com a devida identificação: nome do coletor, data, talhão, material/clone, local/empresa e este material foi conduzido para LECOBIOLOG (Figura 8).

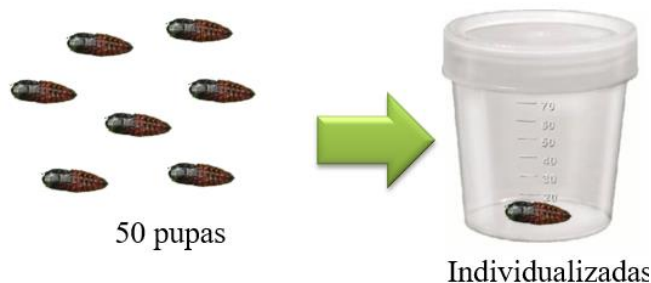


Figura 8- Pupas que foram coletadas, individualizadas e levadas ao laboratório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, a porcentagem de parasitismo em pupas de *T. arnobia* pelos parasitoides foi acima de 72%, sendo maior para *T. diatraeae* com 100% (Tabela 1). Isto é importante, pois o fato de parasitar, impede que ocorra a emergência de adultos de *T. arnobia*, o que pode contribuir para a diminuição da população desse inseto na próxima geração, ou seja, a ação dos eulofídeos por si só já culmina em controle desta praga. (Pereira et al., 2021). Por outro lado, a porcentagem de emergência foi semelhante para os três parasitoides, com valores superior 30% (TABELA 1). Fato esse, que fortalece o parasitismo e, posterior, emergência de eulofídeos em pupas de *T. arnobia* tanto em laboratório quanto em campo. Liberações desses parasitoides no campo após sua produção em laboratório podem contribuir para seu estabelecimento no campo. Por outro lado, provavelmente a porcentagem de emergência de *P. elaises*, já que os outros eulofídeos emergiram (>57% emergência) seja devido as substâncias tóxicas contidas na pupas, devido as lagartas de alimentarem de eucalipto (SOARES, et al., 2015).

As menores durações do ciclo de vida (dias) foram para *P. elaeisis* e *T. howardi* com $24,39 \pm 0,69$ e $22,71 \pm$ dias, respectivamente (Tabela 1). O menor comparado com *Trichopilus* ciclo de vida (ovo a adulto) de *P. elaeisis* em pupas de *T. arnobia* pode ser explicada pela competição entre as larvas do parasitoide e pela supressão física ou fisiológica pelo hospedeiro, conforme relatado para este *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* (PEREIRA et al., 2010).

A progênie foi semelhante estatisticamente para os três parasitoides com média geral de 77,58 indivíduos. Da mesma forma, a razão sexual diferiu entre os eulofídeos, com valores entre $0,94 \pm 0,01$ a $0,96 \pm 0,01$. Apenas uma fêmea foi capaz de parasitar e desenvolver em *T. arnobia* evidenciando superação de barreiras do sistema imune, provavelmente devido a inserção de toxinas durante a oviposição que influencia na defesa do hospedeiro de forma que o parasitoide se beneficia (HARVEY et al., 2013).

A maior longevidade de fêmeas e de machos foi para *P. elaeisis* com $19,40 \pm 1,22$ e $18,60 \pm 1,02$, dias, respectivamente (TABELA 1). A longevidade é considerada uma vantagem quando o tempo de vida dos parasitoides adultos é maior, com destaque para as fêmeas, maior será o tempo de transporte para os locais de liberação, garantindo a sobrevivência dos inimigos naturais em campo.

Tabela 01. Características biológicas de *Trichospilus diatraeae*, *Palmistichus elaeisis*, *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Euliphidae) criados em pupas de *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae).

Espécies de parasitoides	Parasitismo (%)	Emergência (%)	Duração do ciclo de vida (dias)	Progênie (indivíduos)	Razão sexual	Longevidade de fêmeas (dias)	Longevidade de machos (dias)
<i>Trichospilus diatraeae</i>	100,00 ± 0,00 a	57,14 ± 4,93 a	28,67 ± 0,49 a	89,25 ± 9,67 a	0,94 ± 0,01 a	10,00 ± 1,16 b	10,20 ± 1,80 b
<i>Palmistichus elaeisis</i>	75,00 ± 11,18 b	30,00 ± 13,33 a	24,38 ± 0,69 b	74,63 ± 15,02 a	0,94 ± 0,01 a	19,40 ± 1,22 a	18,60 ± 1,02 a
<i>Tetrastichus howardi</i>	72,22 ± 18,00 b	75,00 ± 17,08 a	22,71 ± 0,76 b	68,86 ± 18,28 a	0,96 ± 0,01 a	11,07 ± 1,45 b	15,00 ± 2,45 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Controlar *Thyriniteina arnobia*

Estabelecer em condições naturais



Em relação ao segundo experimento, realizado no campo, foi observado resultados muito promissores e satisfatórios, onde de maneira geral, foi possível observar o controle da lagarta parda do eucalipto.

Nos talhões de eucalipto utilizados para as liberações e no controle, verificou-se 20 a 25 % de desfolha, 10 a 15% lagartas/100 folhas, com 40 a 45 pupas/ha. A porcentagem de parasitismo de pupas de *T. arnobia* por fêmeas de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* foi de 23,60%; 18,00 e 25,10%, respectivamente, e semelhante, após 15 dias de liberação em plantios de eucalipto. O parasitismo em pupas provenientes da testemunha foi nulo. Fato que prova que nestas áreas que foram realizados os experimentos não haviam estes parasitoides. Indivíduos das três espécies de parasitoides foram encontrados aos 15 e 30 dias após a liberação nas armadilhas adesivas amarelas, o que demonstra sua permanência nas áreas.

Aos 45 dias, não foram mais constatados, ovos, larvas, pupas e adultos de *T. arnobia*, nos talhões em que foram liberados os eulofídeos. A intensidade de desfolha aos 45 dias foi a mesma tanto na testemunha como nas áreas com liberação. No entanto, uma das preocupações dos silvicultores é que ocorra migração da população de *T. arnobia* para outras áreas. E isto pode ser evitado com o estabelecimento da população de parasitoides nos talhões com liberação.

Tabela 2. Avaliação do parasitismo após 15 dias de liberação no eucalipto

Parasitismo no eucalipto	<i>T. arnobia</i>
<i>P. elaeisis</i>	23,60%
<i>T. howardi</i>	18,00%
<i>T. diatraeae</i>	25,10%

O parasitismo em pupas provenientes da testemunha foi nulo, demonstrando que não havia parasitoides nesta área. As três espécies que foram liberadas foram coletadas posteriormente nas armadilhas adesivas amarelas.

Parasitismo após 30 dias de liberação no eucalipto

No talhão em que foi liberado *P. elaeisis*, ocorreu 23% de emergência de adultos de *T. arnobia*, ou seja, 77% das pupas estavam de coloração preta e com orifícios de saída dos parasitoides.

No talhão em que foi liberado *T. howardi*, foi constatado 92% de parasitismo, por meio de pupas inviáveis e com orifícios compatíveis com a saída desse parasitoide

Já no talhão em que foi liberado *T. diatraeae*, ocorreu 88% de parasitismo das pupas.

Parasitismo após 45 dias de liberação no eucalipto

Não foram mais constatados, ovos, lagartas, pupas e nem adultos de *T. arnobia*, nos talhões em que foram liberados os eulofídeos.

A intensidade de desfolha aos 45 dias foi a mesma tanto na testemunha como nas áreas com liberação. *Thyrinteina arnobia* foi controlada!!!!

Pupas de *T. arnobia* parasitadas por *T. diatraeae* já foram coletadas naturalmente em 2008, eucalipto em Viçosa, Minas Gerais, em em pupas de *Iridopsis* sp. (Lepidoptera: Geometridae) em plantios de eucalipto no município de Curvelo, Minas Gerais, Brasil (ZACHÉ ET AL., 2012), e em 2019 em pupas de *Iridopsis panopla* Prout, 1932 (Lepidoptera: Geometridae), o que demonstra que este parasitoide consegue parasitar pupas naturalmente e atua como agente de controle biológico de lepidópteros desfolhadores de eucalipto e tem ampla distribuição geográfica no Brasil.

Do mesmo modo, *P. elaeisis* também foi coletado no Brasil naturalmente em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lepidoptera: Arctiidae), em Campinas, SP e, posteriormente em Tupaciguara, MG. Este parasitoide também foi coletado em pupas de *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae) em eucalipto no Estado de Minas Gerais (DELVARE e LASALLE, 1993). Posteriormente, foi encontrado naturalmente em pupas de *Sabulodes* sp. (Lepidoptera: Geometridae) em Itatinga, SP (BITTENCOURT; BERTI FILHO, 1999).

Pupas de *T. arnobia* coletadas em plantas de eucalipto, em Viçosa, MG também estavam naturalmente parasitadas por *P. elaeisis* (PEREIRA et al., 2008). Pupas de *T. arnobia* também já foram parasitadas por *Tetrastichus* sp. (BERTI FILHO, 1974). O que

demonstra que este parasitoide tem ampla distribuição na cultura do eucalipto no Brasil e são importantes inimigos naturais de lepidópteros desfolhadores de eucalipto.

Adultos dos parasitoides foram encontrados nas armadilhas no talhão que foi realizada a liberação. Por outro lado, estes parasitoides não foram constatados nas armadilhas da área testemunha. Este fato prova que os parasitoides não estavam naturalmente nas áreas antes da liberação.

Em condições de laboratório (Tabela 1), o parasitismo de *P. elaeisis* em pupas de *T. arnobia* foi de 75,00%. A porcentagem de parasitismo de pupas de *T. arnobia* por fêmeas de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* foi de 23,60%; 18,00 e 25,10%, respectivamente e semelhante, após 15 dias de liberação em plantios de eucalipto. Esta diferença numérica entre laboratório e campo provavelmente ocorre devido aos fatores bióticos e abióticos, como competição interespecífica e sobrevivência do parasitoide em condições climáticas adversas (PEREIRA et al., 2021). Isso vai acontecer para os outros eulofídeos também.

Ressalta-se que de cada pupa de *T. arnobia* emerge cerca de 74,63 indivíduos de *P. elaeisis* sendo 94% fêmeas (Tabela 1), as responsáveis pelo parasitismo e reprodução, e conseqüentemente sua reprodução e aumento de sua população no campo nas gerações posteriores. O índice de desfolha praticamente foi constante durante os 45 dias de experimento nos dois tratamentos, sem aumento, devido a estabilização da população de *T. arnobia*. O número de adultos de *T. arnobia* foi menor aos 15 dias, nos tratamentos com parasitoides, o que pode ser explicado pela sua ação sobre as pupas ao longo desse período. Aos 45 dias, a população do inseto-praga foi praticamente a zero. Isto acontece devido as condições climáticas, principalmente precipitações e variações extremas de temperatura (PEREIRA et al., 2021).

Das pupas coletadas aos 30 dias após a liberação, 23% teve emergência de adultos de *T. arnobia* e 77% estavam pretas com orifícios de saída dos parasitoides. No talhão em que foi liberado *P. elaeisis*. Já no talhão, em que foi liberado *T. diatraeae*, 88% das pupas foram parasitadas e no talhão, em que foi liberado *T. howardi*, observou-se que 92% das pupas estavam inviáveis, escurecidas e com orifícios compatíveis com a saída desse parasitoide. Enquanto na testemunha, praticamente emergiram 89% dos adultos das pupas de *T. arnobia*. Verificamos também 6% de emergência de moscas parasitoides das pupas coletadas no talhão em que foi liberado *T. diatraeae*. Isto nos permite evidenciar

que outros parasitoides tem o seu fator de contribuição na redução da população de *T. arnobia* em eucalipto.

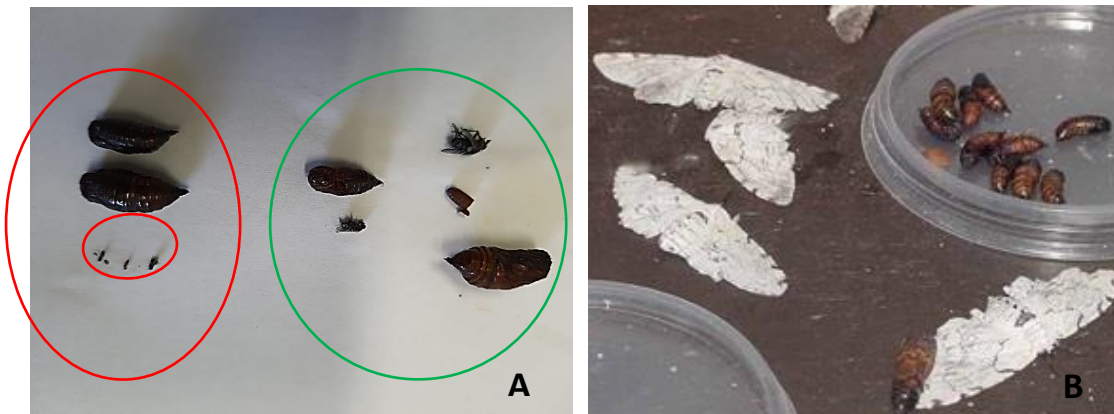


Figura 9. Emergência de *Palmistichus elaeisis* e moscas parasitoides (A) e adultos de pupas de *Thyrinteina arnobia* (B).

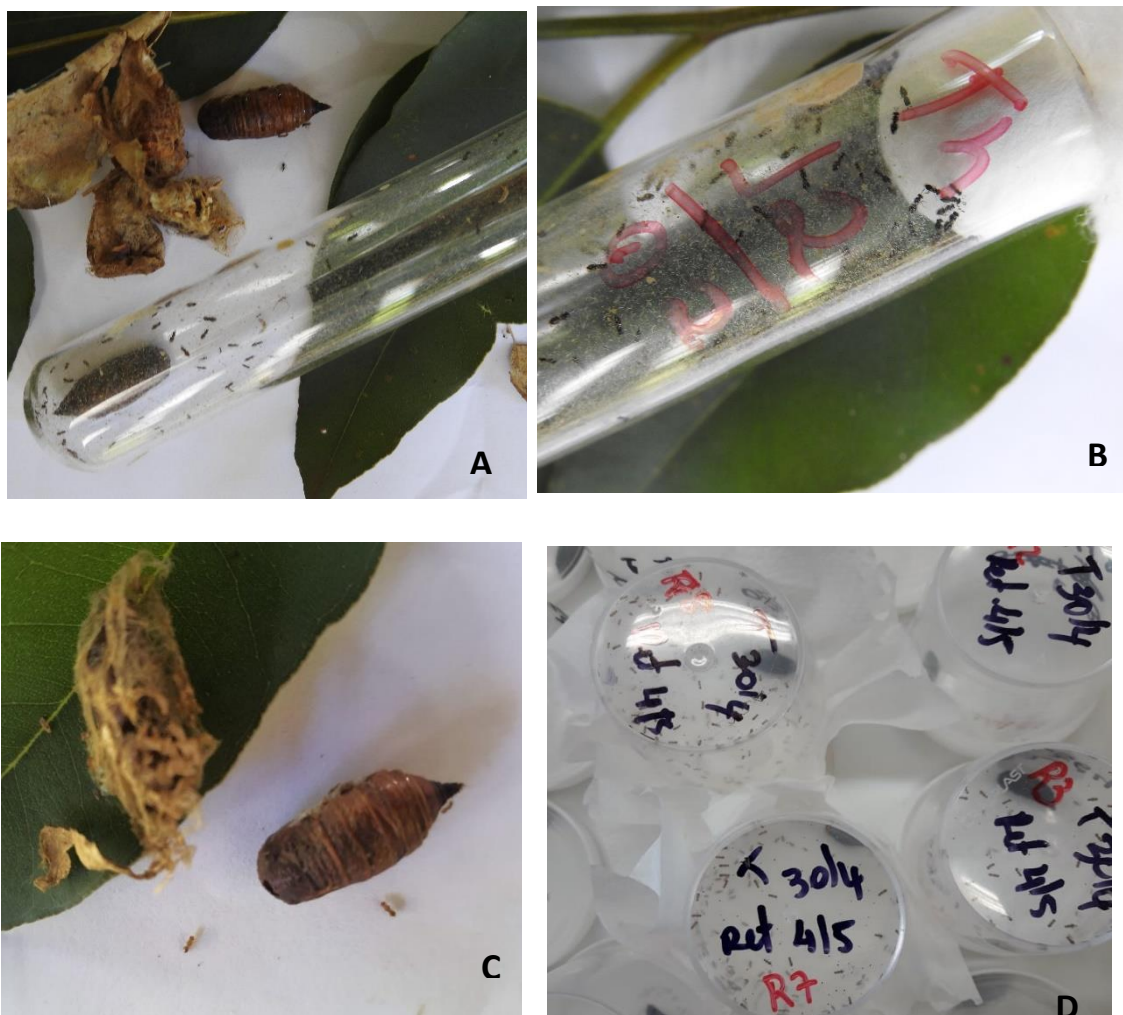


Figura 10. Emergência de *Tetrastichus howardi* (A, B) e *Trichospilus diatraeae* (C, D) em pupas de *Thyrinteina arnobia*.

CONCLUSÕES

De maneira geral, *P. elaeisis*, *T. diatraeae* e *T. howardi* parasitam e se desenvolvem em pupas de *T. arnobia*, sendo *T. diatraeae*, o parasitoide que apresentou as melhores características biológicas ao ser avaliado nesse lepidóptero desfolhador em condições de laboratório.

A porcentagem de parasitismo de pupas de *T. arnobia* por fêmeas de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* foi de 23,60%; 18,00 e 25,10%, em plantios de eucalipto, respectivamente, aos 15 dias, com decréscimo da população de adultos desse lepidóptero aos 30 e praticamente nulo, aos 45 dias, após uma liberação na quantidade de 15.000 parasitoides de cada espécie separadamente por hectare.

REFERÊNCIAS

- BERTI FILHO, E. 1974. Biologia de *Thyrinteina arnobia* (Stooll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae) observações sobre a ocorrência de inimigos naturais. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 74 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- BERTI FILHO E.O. 1985. Parasitismo no controle integrado de pragas florestais. *Silvicultura*. **10**: 7-10.
- BITTENCOURT M.A.L., BERTI FILHO E. 1999. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros- praga. *Scientia Agricola*. **56**: 1281-1283.
- DALL’OGLIO O.T., ZANUNCIO J.C., FREITAS F.A., PINTO R. 2003. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal*. **13**: 123-129.
- DELVARE G., LASALLE, J.A. 1993. New genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. *Journal of Natural History*. **27**: 435-444.
- GARLET J., COSTA E.C., BOSCARDIN, J. 2016. Levantamento da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp. por meio de armadilha luminosa em São Francisco de Assis-RS. *Ciência Florestal*. **26**: 365-374.
- HANSON P.E., GAULD I.D. 1995. The Hymenoptera of Costa Rica. Oxford, Oxford University Press, xvii + 893p.
- MAFIA R.G., LOUREIRO E.B., SILVA J.B., SIMÕES J.A.C., ZAPERLON T.G., BEZERRA J.N.S., DAMACENA M.B. 2018. A New Light Trap Model as an Alternative for Controlling Pests in Eucalyptus Plantations. *Neotropical Entomology*. **47**: 326-328.
- OLIVEIRA H.N., ZANUNCIO T.V., ZANUNCIO J.C., SERRÃO J.E. 2008. The eucalypt defoliator *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) protects its eggs from parasitism. *Biological Letters*. **45**: 23-28.
- OLIVEIRA H.N., PEDRUZZI E.P., PEREIRA F.F. 2010. Técnica de criação de *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 21 p. (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X, 105).

PEREIRA F. F., ZANUNCIO T. V., ZANUNCIO J. C., PRATISSOLI D., TAVARES M. T. 2008a. Species of Lepidoptera Defoliators of Eucalyptus as New Host for the Parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). Brazilian Archives of Biology and Technology: an International Journal. **51**: 259-262.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., TAVARES M.T., PASTORI P.L., JACQUES G.C., VILELA E.F. 2008b. New record of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as a parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) in Brazil. Phytoparasitica.**36**: 304-306.

PEREIRA F.F., ZANUNCIO J.C., PASTORI P.L., PEDROSA A.R., OLIVEIRA H.N. 2010a. Parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiro alternativo sobre plantas de eucalipto em semi-campo. Revista Ciência Agronomia. **41**: 715-720.

PEREIRA F.F., KASSAB S.O., VARGAS E.L., CALADO V.R.F., OLIVEIRA H.N. de. ZANUNCIO, J.C. 2015. Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on the caterpillars, pupae and adults of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). The Florida Entomologist. **95**: 384-387.

RIBEIRO G.T., ZANUNCIO J.C., TAVARES W.S., RAMALHO F.S., SERRÃO J.E. 2016. Constancy, Distribution, and Frequency of Lepidoptera Defoliators of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* (Myrtaceae) in Four Brazilian Regions. Neotropical Entomology. **45**: 629-636.

VAN-DRIESCHE R.G.V., BELLOWS T.S. 1996. Biological Control. New York: Chapman & Hall. 539p.

VARGAS E.L., PEREIRA F.F., TAVARES M.T., PASTORI P.L. 2011. Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil. Entomotropica. **26**: 143-146.

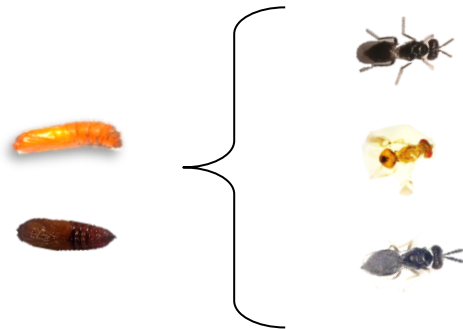
ZACHE B.R.C., WILCKEN, C.F. 2011. Diferentes densidades de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) e seu desenvolvimento sobre pupas de *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). Boletim sanidade Vegetal Plagas. **37**: 187-193.

CONCLUSÕES GERAIS

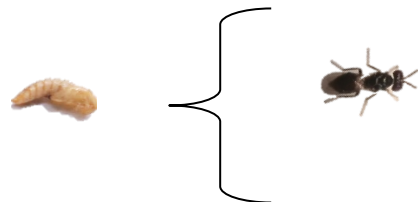
Brachymeria annulata e *T. diatraeae* parasitam pupas de *I. panopla*, em condições naturais no eucalipto, no MS e *T. diatraeae* parasita e se desenvolve em pupas de *I. panopla* em condições de laboratório, sendo este o 1º registro no Brasil.



Diatraea saccharalis e de *A. gemmatalis* são os melhores hospedeiros para a criação de *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae* com 100% de parasitismo e de emergência.



Com base na metodologia de criação proposta e nas características biológicas dos parasitoides, *T. molitor* é o hospedeiro que pode ser utilizado em criação de *P. elaeisis*.



Bombyx mori e *T. molitor* foram os hospedeiros de menor custo, sendo adequados para otimizar criações de *P. elaeisis* e *T. howardi*, sem afetar a qualidade.

Bombyx mori e *T. molitor* não devem ser utilizados para criações de *T. diatraeae*, exclusivamente com esta metodologia.

Anticarsia gemmatalis possui bom custo benefício, sendo adequada para criar os 3 parasitoides.

Diatraeae saccharalis é o hospedeiro de maior custo de produção, é adequada para criar os 3 parasitoides.

Os resultados obtidos com os experimentos desta tese, servem de subsídios para programas de controle biológico aplicado de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, principalmente *I. panopla* e *T. arnobia*, com *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta tese incrementam o conhecimento sobre parasitoides eulofídeos, apresentando resultados inéditos a respeito do parasitismo natural e aspectos biológicos de *B. annulata* e *T. diatraeae* em pupas de *I. panopla* no Brasil.

Os resultados permitem afirmar que os hospedeiros *D. saccharalis* e *A. gemmatalis* são mais adequados para criações de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae*.

Os custos de produção de *P. elaeisis*, *T. howardi* e *T. diatraeae* servem de base para tomadas de decisão em relação a sua comercialização e a escolha do método de controle biológico com estes parasitoides. Também é o único trabalho que faz esse tipo de análise, para que futuras empresas possam abrir biofabricas.

Essas informações são relevantes para o manejo integrado de pragas no eucalipto no Mato Grosso do Sul, pois em condições de campo, após liberações inoculativas, o parasitismo poderá ser suficiente para impedir a continuação do ciclo de vida da praga-alvo, contribuindo assim para a diminuição da densidade populacional de lepidópteros desfolhadores em especial *T. arnobia* e *I. panopla*.

A tendência futura é corroborar para a implementação de bases em um programa de controle biológico de lepidópteros-desfolhadores do eucalipto, além de abrir novas perspectivas de estudos para controle de outras pragas-chave da silvicultura.

Esses resultados contribuem para o aprimoramento da técnica de multiplicação dos parasitoides em grande escala, para a obtenção desse agente de controle biológico com melhor custo benefício, auxiliando na realização de estudos científicos, otimizando criações em biofabricas, visando futuras liberações em plantios de eucalipto.

Os resultados dos trabalhos desta tese servem de subsídio para que estes parasitoides possam ser registrados como produtos biológicos no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).



ANEXOS

ANEXO 1. Composição da dieta artificial para manutenção de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae) em laboratório (Adaptada de Greene et al., 1976).

INGREDIENTE	QUANTIDADE
Ágar	46 g
Feijão carioca	250 g
Germe de trigo não tostado	200 g
Caseína	75 g
Levedo de cerveja	125 g
Proteína de soja	100 g
Solução vitamínica	20 mL
Nipagin	15 g
Ácido sórbico	6 g
Ácido ascórbico	12 g
Formaldeído 40%	12 mL
Tetraciclina	250g
Água	3,400 mL
Niacinamida	1,000 mg
Pantotenato de cálcio	1,000 mg
Tiamina HCL	0,250 mg
Riboflavina	0,500 mg
Piridoxina HCL	0,250 mg
Ácido fólico	0,250 mg
Biotina	0,020 mg
Vitamina B 12	0,002 mg

Quantidade correspondente a 6 potes (1000 mL).

ANEXO 2. Composição da dieta para manutenção dos adultos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae) (Adaptada de Greene et. al. 1976)

Ingredientes	Quantidade
Água destilada	1000 ml
Açúcar cristal	60 g
Mel	10 g
Nipagim	1 g
Ácido sórbico	1 g

ANEXO 3. Metodologia de Criação de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) em laboratório

O ciclo de vida desta espécie dura entre 4 e 5 meses e a faixa de temperatura ideal é de 26 a 28°C e sala com baixa iluminação.

1. Ingredientes dieta artificial sólida

2,5kg de farelo de trigo

0,67g de levedo de cerveja

200g de germe de trigo (opcional)

A dieta é colocada em uma caixa plástica com tampa adaptada com tecido voal que permite a entrada de ar, com 400g a 500g de larvas de terceiro instar ou adultos de *T. molitor*.

1.2 Fonte de hidratação dos insetos

Fatias de chuchu, ou folhas de couve, ou toletes de cana-de-açúcar, são adicionadas nas caixas duas vezes por semana.

2. Manutenção das larvas

A dieta da fase larval é peneirada a cada 20 dias, no intuito de separar as fases larvais e fazer a troca da dieta por uma dieta nova. Nessa fase utiliza-se uma peneira de tela estreita.

2.1 Manutenção dos adultos

A dieta da fase adulta é peneirada a cada 15 dias com uma peneira de tela maior para que as larvas de primeiro instar e os ovos passem pela peneira e sejam colocadas em caixas separadas dos adultos. Os adultos são colocados em uma caixa com dieta nova, enquanto.

3. Procedimentos semanais

As pupas de *T. molitor* são retiradas diariamente, para serem utilizadas em experimentos e manutenção das criações do laboratório. Parte das pupas são mantidas para ocorrer emergência dos adultos e, dar sequência no ciclo. A fase de pupa deste hospedeiro dura em média 10 dias.

ANEXO 4. Dieta de alimentação de Hensley e Hammond (1968) modificada para a criação de lagartas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)

Ingredientes	Quantidades
Água destilada	3800 ml
Açúcar	205,0 g
Farelo de soja	300,0 g
Germe de trigo	150,0 g
Levedura de cana	225,0 g
Ácido ascórbico	8,0g
Sais de Wesson	15,0 g
Cloreto de colina	2,0 g
Solução vitamínica	40,0 ml
Vita Gold	3,0ml
Wintomylon	1 comprimido
Tetraciclina	1 comprimido
Formol	6,0 ml
Caragenato	65,0 g

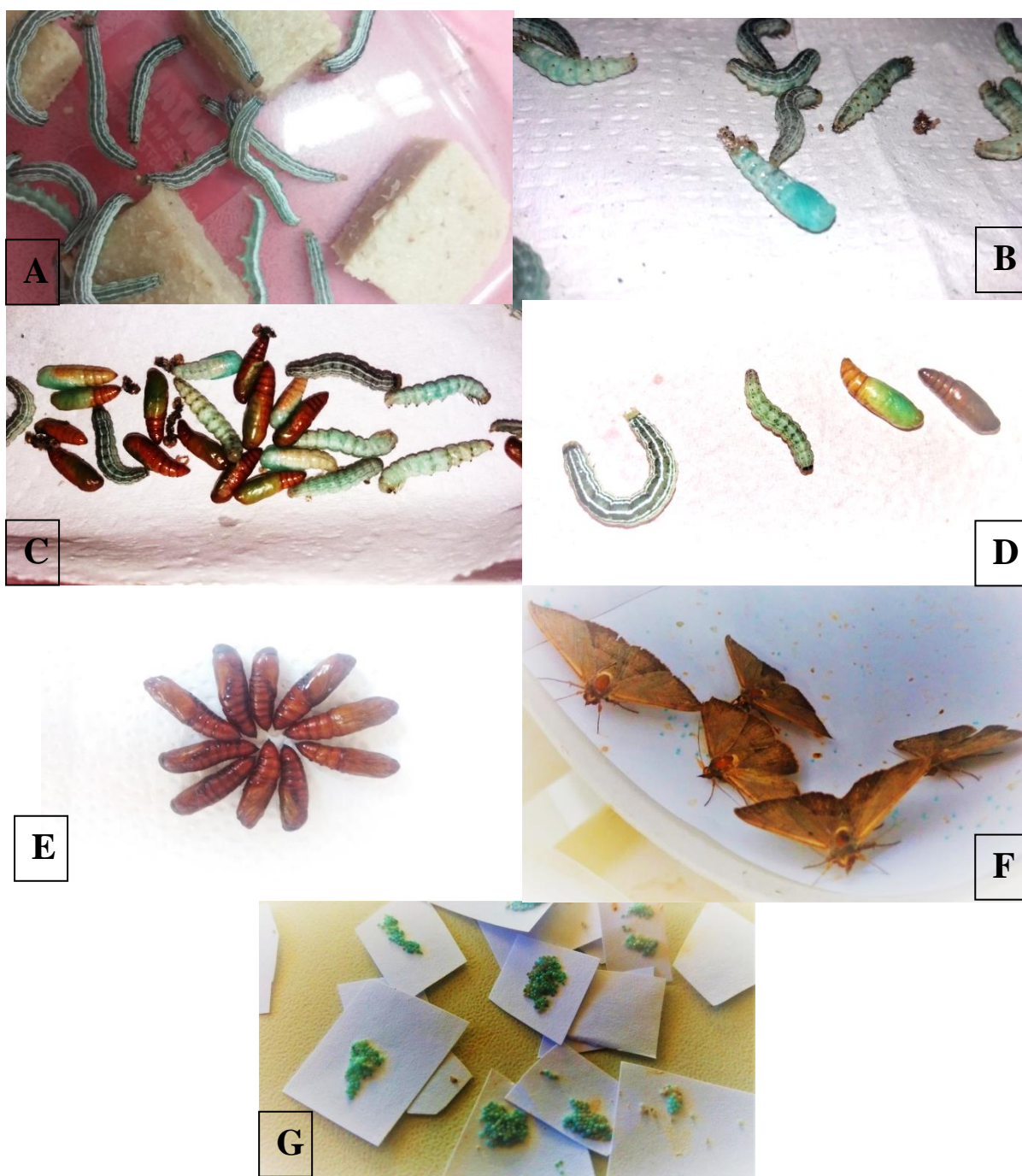
Quantidade de ingredientes para 12 frascos de vidro (capacidade para 500 ml).

ANEXO 5. Dieta de realimentação de Hensley e Hammond (1968) modificada para a criação de lagartas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)

Ingredientes	Quantidades*
Farelo de soja	540 g
Levedura de cana	400g
Açúcar	360 g
Nipagin	40 g
Ácido ascórbico	8 g
Cloreto de colina	8 g
Caragenato	150 g
Ácido acético	65 mL
Vita Gold	7 mL
Solução vitamínica	40 mL
Formol	14 mL
Tetraciclina	1 comprimido
Wintonylon	1 comprimido
Água	6,4 L

Quantidade de ingredientes para 6 bandejas.

ANEXO 6. Ciclo de desenvolvimento do hospedeiro *Anticarsia gemmatalis*



A- Lagartas de *Anticarsia gemmatalis*; **B-** Pré pupas e pupas recém-formadas de *Anticarsia gemmatalis*; **C-** Pré pupas e pupas de 24h de *Anticarsia gemmatalis*; **D-** Lagarta, pré pupa, pupa recém formada e pupa completamente formada de *Anticarsia gemmatalis*; **E-** Pupas de 48h de *Anticarsia gemmatalis*; **F-** Adultos de *Anticarsia gemmatalis*, na gaiola forrada com papel sulfite, para oviposição; **G-** Ovos de *Anticarsia gemmatalis* coletados das gaiolas.

ANEXO 7. Fases de desenvolvimento do hospedeiro *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)



A- Criação de *Diatraea saccharalis* em potes de vidro com dieta de alimentação. **B-** Lagartas de *D. saccharalis*. **C-** Criação de *D. saccharalis* em placas com dieta de realimentação. **D-** Pupas de *D. saccharalis*. **E-** Mariposas e pupas de *D. saccharalis*. **F-** Gaiolas de criação dos adultos de *D. saccharalis*.

ANEXO 8. Ciclo de desenvolvimento do hospedeiro *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)



A- Fase larval de *T. molitor*. **B-** Pupas de *T. molitor*. **C-** Adultos de *T. molitor*.

ANEXO 9. Fases de desenvolvimento do hospedeiro *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae).



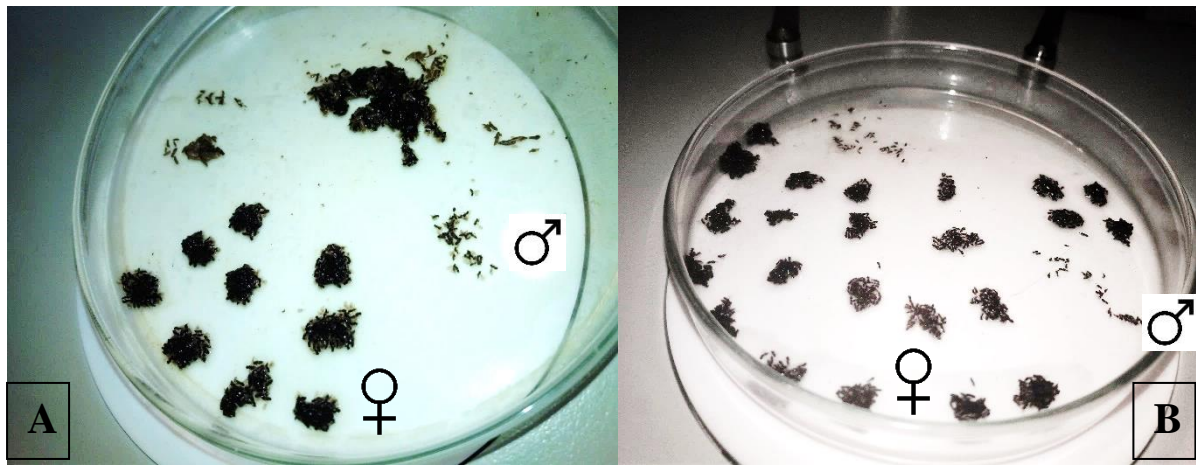
A- Fase larval de *Bombyx mori*. **B-** Casulos de seda de *B. mori*. **C-** Casulo cortado para retirada das pupas. **D-** Pupa de *B. mori* sendo parasitada.

ANEXO 10. Criação dos parasitoides *Tetrastichus howardi*, *Palmistichus elaeisis* e *Trichospilus diatraea* em tubos de ensaio



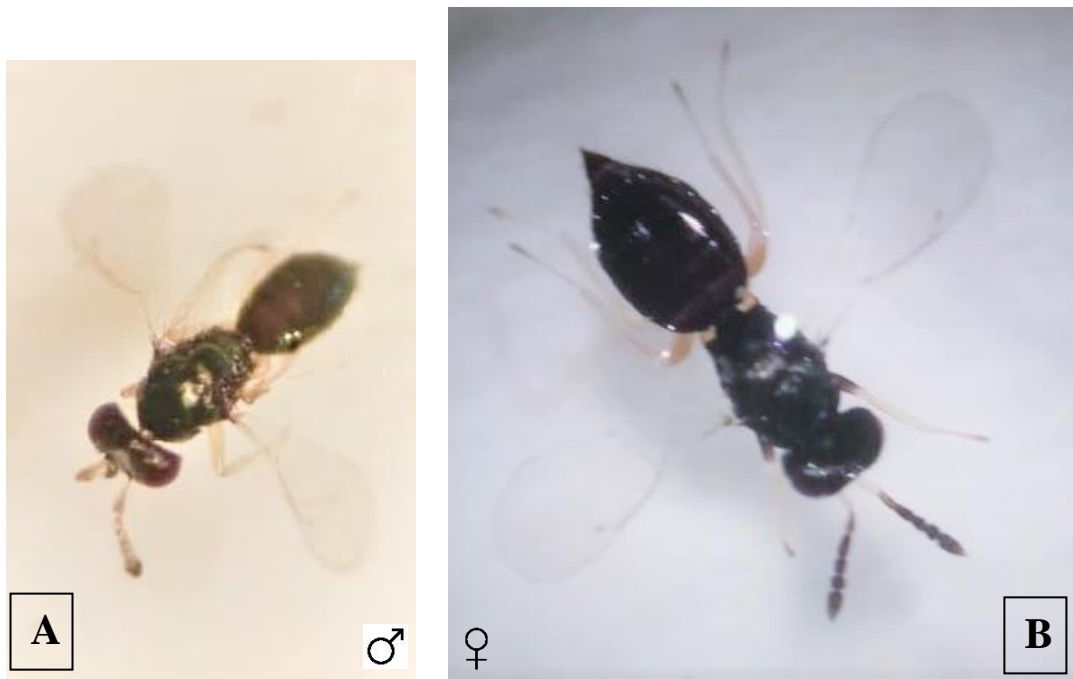
A, C, D- Criação dos parasitoides *T. howardi*, *P. elaeisis* e *T. diatraeae*. **B-** Adultos de *T. howardi* se alimentando de mel.

ANEXO 11. Contagem dos parasitoides dos experimentos e frasco utilizado do capítulo II.



A, B- Contagem dos parasitoides de *T. howardi*. **C-** Frascos do tipo coletor universal, com pupas de *T. molitor* e adultos de *T. howardi* se alimentando de uma gota de mel.

ANEXO 12. Parasitoides



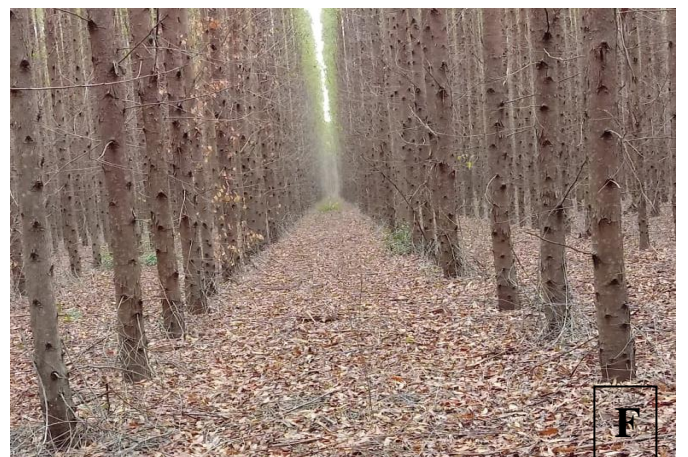
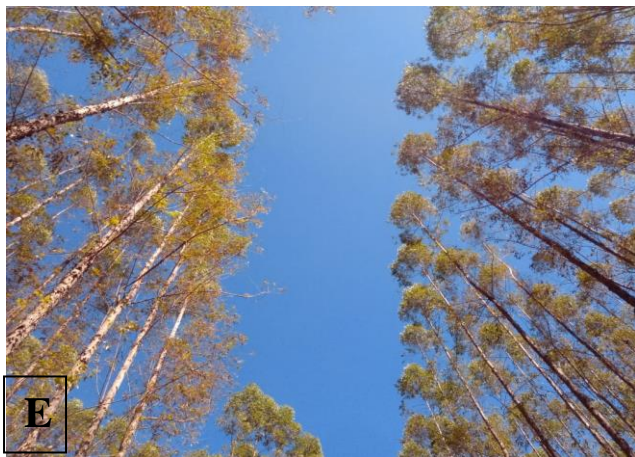
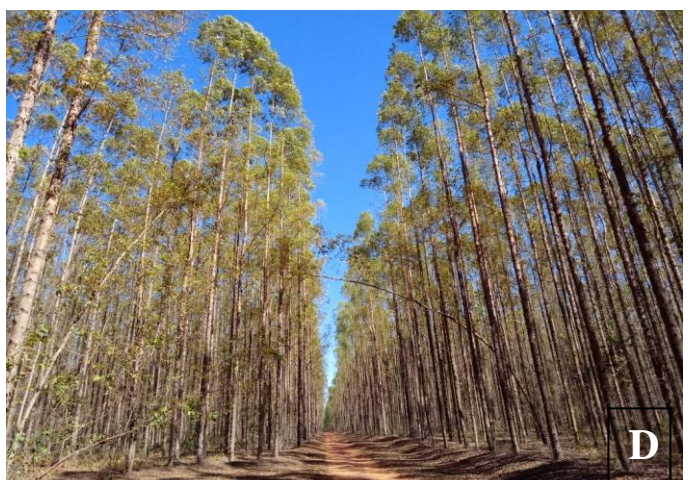
A- Macho de *T. howardi*. B- Fêmea de *T. howardi*. C- Macho e fêmea de *T. diatraeae*.
 C- Macho e fêmea de *P. elaeisis*.

ANEXO 13. Preparação do material para liberação dos parasitoides em plantios de Eucalipto



A- Montagem dos parasitoides que serão liberados em campo. **B-** Pupas parasitadas, embaladas em sacolinhas biodegradáveis e acondicionadas no isopor para o transporte até a área de liberação. **C-** Adultos recém emergidos para liberação em plantios de eucalipto no Mato Grosso do Sul. **D-** Criação dos parasitoides para liberação.

ANEXO 14. Áreas de eucaliptoculta, no Mato Grosso do Sul, Brasil.



A, B, D, E, F- Plantios comerciais de eucalipto no Mato Grosso do Sul. **C-** Pupa de lepidóptero desfolhador *I. panopla* coletadas no substrato de cultivos de eucalipto, em Ribas do Rio Pardo, em que ocorreu emergência do parasitoide *T. diatraea*.