

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DESEMPENHO BIOLÓGICO E CUSTO DE PRODUÇÃO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) VISANDO AO CONTROLE DE *Iridopsis panopla* PROUT (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM EUCALIPTO

FERNANDO HENRIQUE MOREIRA DOS SANTOS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2024**

DESEMPENHO BIOLÓGICO E CUSTO DE PRODUÇÃO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) VISANDO AO CONTROLE DE *Iridopsis panopla* PROUT (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM EUCALIPTO

FERNANDO HENRIQUE MOREIRA DOS SANTOS
Me. Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Produção Vegetal.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237d Santos, Fernando Henrique Moreira Dos

DESEMPENHO BIOLÓGICO E CUSTO DE PRODUÇÃO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) VISANDO AO CONTROLE DE *Iridopsis panopla* PROUT (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM EUCALIPTO [recurso eletrônico] / Fernando Henrique Moreira Dos Santos. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Fabricio Fagundes Pereira.

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Controle biológico. 2. *Eucalyptus urograndis*. 3. Lepidópteros desfolhadores. 4. Macrobiológicos. 5. Parasitoides. I. Pereira, Fabricio Fagundes. II. Título.

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

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

DESEMPENHO BIOLÓGICO E CUSTO DE PRODUÇÃO DE *Trichogramma pretiosum*
RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) VISANDO AO CONTROLE DE
Iridopsis panopla PROUT (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM EUCALIPTO

Por

FERNANDO HENRIQUE MOREIRA DOS SANTOS

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

Aprovada em: 08/03/2024

Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira
Orientador – UFGD

 Documento assinado digitalmente
CACIA LEILA TIGRE PEREIRA VIANA
Data: 28/05/2024 16:02:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori
Membro titular – UFGD

Prof. Dra. Cácia Leila Tigre Pereira Viana
Membro titular – UNIGRAN

Dr. Augusto Rodrigues
Membro titular – Legado Pesquisa e
Consultoria Agronômica

Dr. Carlos Reinier Garcia Cardoso
Membro titular – Sistêmica Kovê

"Amo, amo a mata! Porque nela não há preços. Amo o verde que me envolve... o verde sincero que me diz que a esperança, não é a última que morre. Quem morre por último é o herói. E o herói, é o cabra que não teve tempo de correr..." Baiano & Os Novos Caetanos

DEDICATÓRIA

À minha companheira Rayanne Soares da Paz, aos pilares Geasi Quintino Moreira dos Santos e Henrique Ferreira dos Santos, Sueli Soares da Paz e José Carlos da Paz, meus amados pais, à minha irmã Sara Moreira dos Santos, Jonathan Rafael Lopes Ramires e José Victor Soares da Paz. Também dedico este momento à inspiradora Juventude Agroecológica.

AGRADECIMENTOS

Ao querido Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira, expresso minha profunda gratidão por sua acolhida generosa, por me conduzir ao fascinante universo entomológico e por sua orientação paciente. Seus ensinamentos transcenderam os limites acadêmicos, e agradeço, especialmente, pela sua amizade.

Agradeço a minha família e amigos, que sem o amor e suporte eu jamais teria conseguido, à minha companheira Rayanne Soares da Paz, meus amados pais Geasi Quintino Moreira dos Santos, Henrique Ferreira dos Santos, Sueli Soares da Paz e José Carlos da Paz, à minha irmã Sara Moreira dos Santos, Jonathan Rafael Lopes Ramires e José Victor Soares da Paz. Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos agroecológicos Niemayer Ramos Firmino, Josué de Britos Quadros, Lucas dos Reis Vieira, André Lucas Carpes.

Agradeço à equipe do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) pelo companheirismo e amizade, especialmente aos que me auxiliaram durante a condução dos experimentos e no dia a dia no laboratório.

Ao Professor Dr. Alberto Soares Côrrea, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil, que conduziu as 55 identificações moleculares de *I. panopla*.

À instituição Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAGRO), agradeço pela oportunidade concedida para a realização do curso de doutorado em Agronomia.

Ao suporte financeiro para esta pesquisa fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) - (Processos 304055/2019-0; 437490/2018-1).

À Associação Sul-Mato-Grossense de produtores e consumidores de florestas plantadas (REFLORE-MS) pelo apoio humano e financeiro para esta pesquisa.

SUMÁRIO

I. CAPÍTULO	8
DESEMPENHO BIOLÓGICO E CUSTO DE PRODUÇÃO DE <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) VISANDO AO CONTROLE DE <i>Iridopsis panopla</i> PROUT (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM EUCALIPTO	8
1. INTRODUÇÃO GERAL	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. O cenário atual no setor florestal brasileiro	12
2.2. Sustentabilidade e desafios no manejo de <i>I. panopla</i> em plantios de eucalipto no Brasil	12
2.3. Uso de <i>T. pretiosum</i> para o controle de <i>I. panopla</i> em plantios de eucalipto.	14
2.4. Custos associados à produção massal de <i>Trichogramma</i> spp.....	15
3. REFERÊNCIAS.....	19
4. OBJETIVOS.....	24
5. HIPÓTESES.....	25
II. CAPÍTULO	26
NOTA CIENTÍFICA: PRIMEIRO REGISTRO DE <i>Trichogramma pretiosum</i> PARASITANDO OVOS DE <i>Iridopsis panopla</i> EM EUCALIPTO NO BRASIL.....	26
1. INTRODUÇÃO.....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1. Local do experimento	28
2.2. Identificação do hospedeiro	29
2.3. Aspectos biológicos de <i>T. pretiosum</i> em ovos de <i>I. panopla</i>	29
2.4. Parasitismo de <i>T. pretiosum</i> em ovos <i>I. panopla</i> em diferentes densidades em plantio comercial de eucalipto.....	30
2.5. Análise estatística	30

3.	RESULTADOS	30
4.	DISCUSSÃO.....	31
5.	CONCLUSÃO.....	32
6.	REFERÊNCIAS.....	33
III.	CAPÍTULO.....	37
	DESEMPENHO BIOLÓGICO DE <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYM.: TRICHOGRAMMATIDAE) EM DIFERENTES DENSIDADES DE OVOS DE <i>Iridopsis</i> <i>panopla</i> PROUT (LEP.: GEOMETRIDAE).	37
1.	INTRODUÇÃO.....	39
2.	MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1.	Local do experimento	40
2.2.	Identificação do hospedeiro	40
2.3.	Desenvolvimento experimental	40
2.4.	Análise estatística	41
3.	RESULTADOS	41
4.	DISCUSSÃO.....	42
5.	CONCLUSÃO.....	44
6.	REFERÊNCIAS.....	45
IV.	CAPÍTULO.....	51
	OTIMIZAÇÃO DO CUSTO E EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE <i>Trichogramma</i> <i>spp.</i>	51
1.	INTRODUÇÃO.....	53
2.	MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1.	Local do experimento	55
2.2.	Orçamentos e sistemas de custeios	55
2.3.	Setor de produção do hospedeiro.....	57
2.4.	Setor de manutenção dos parasitoides e controle de qualidade	57

2.5.	Setor de produção de parasitoides para venda	58
2.6.	Fator de ajuste quantitativo	58
2.7.	Análise de Custo-Volume-Lucro (CVL)	59
2.8.	Análise do Ponto de equilíbrio econômico	59
3.	RESULTADOS	59
4.	DISCUSSÃO.....	62
5.	CONCLUSÃO.....	68
6.	REFERÊNCIAS.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Parasitismo de <i>Trichogramma pretiosum</i> em ovos de <i>Iridopsis panopla</i> em função do número de indivíduos liberados por hectare em uma plantação comercial de eucalipto naturalmente infestada em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil.....	34
Figura 2. Emergência de <i>Trichogramma pretiosum</i> a partir de ovos de <i>Iridopsis panopla</i> coletados em uma plantação comercial de eucalipto naturalmente infestada em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil.....	35
Figura 3. Fêmea de <i>Trichogramma pretiosum</i> parasitando ovos de <i>Iridopsis panopla</i>	36
Figura 4. Número de ovos de <i>Iridopsis panopla</i> parasitados em função da densidade oferecidas ao <i>Trichogramma pretiosum</i> (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas).	49
Figura 5. Número de <i>Trichogramma pretiosum</i> emergidos em função da densidade de ovos de <i>Iridopsis panopla</i> (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas).	50
Figura 6. Custo de produção por hectare sob diferentes produtividades de ovos de <i>E. kuehniella</i> por kg de dieta preparada, o cálculo do lucro foi realizado com base em um preço de R\$ 30,00 por 100 mil parasitoides.	77
Figura 7. Receita e custos para a produção de <i>Trichogramma</i> spp. com densidade de aplicação de 100 mil parasitoides por hectare com ponto de equilíbrio (PE) em hectare.	82
Figura 8. Receita e custos para a produção de ovos inviabilizados de <i>E. kuehniella</i> (baseado na densidade de aplicação de 100 mil adultos <i>Trichogramma</i> spp. por hectare) com ponto de equilíbrio (PE) em hectare.	83
Figura 9. Receita e custos para a produção de <i>Trichogramma</i> spp. com Fator de ajuste com densidade de aplicação de 100 mil parasitoides por hectare com ponto de equilíbrio (PE) em hectare.....	84

Tabela 1. Médias ($\pm$ erro padrão) das características biológicas de <i>Trichogramma pretiosum</i> submetido a 5 densidades de ovos de <i>Iridopsis panopla</i> (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas).	48
Tabela 2. Orçamento de recursos e despesas dos Custos indiretos de produção para a produção de <i>Trichogramma</i> spp. para aplicação em área de 9 mil hectares na densidade de 100 mil parasitoides por hectare (Orçado em fevereiro de 2022 em três fontes especializadas – Média dos valores).	73
Tabela 3. Produção do hospedeiro - Orçamento de recursos dos Custos diretos de produção mensal de 29.050 g de ovos de <i>E. kuehniella</i> para a produção de <i>Trichogramma</i> spp. para aplicação em área de 9 mil hectares com densidade de 100 mil parasitoides por hectare. (Orçado em fevereiro de 2022 em três fontes especializadas - média dos valores).	74
Tabela 4. Manutenção dos parasitoides e controle de qualidade - Recursos utilizados para manutenção e controle de qualidade de quatro espécies de parasitoides da família Trichogrammatidae (Orçado em fevereiro de 2022, com base em três fontes especializadas – média dos valores).	75
Tabela 5. Materiais utilizados na Produção de parasitoides para vendas (<i>Trichogramma</i> spp.) para aplicação em área de 9 mil hectares com densidade de 100 mil parasitoides por hectare (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).	76
Tabela 6. Custo total mensal dos materiais utilizados na Produção de parasitoides para vendas e aplicação em área de 9 mil hectares com densidade de 100 mil parasitoides (<i>Trichogramma</i> spp.) por hectare (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).	78
Tabela 7. Custo total mensal para a produção de 27.788,00 g de ovos inviabilizados de <i>E. kuehniella</i> (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).	79
Tabela 8. Custo total mensal com o Fator de ajuste (1,48) para a Produção de 43.179,9 g de ovos de <i>E. kuehniella</i> destinado a produção de <i>Trichogramma</i> spp. considerando área de liberação de 9 mil hectares, com 100 mil parasitoides (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).	80
Tabela 9. Análise de Custo-Volume-Lucro para a produção de <i>Trichogramma</i> spp., ovos inviáveis e <i>Trichogramma</i> spp. com o Fator de ajuste, considerando o preço de venda	

padronizado em reais por hectare, visando a densidade de 100 mil parasitoides hectares (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores). 81

ANEXOS

Anexo 1. (A). Desfolha em plantios de eucalipto por <i>Iridopsis panopla</i> em Mato Grosso do Sul (PEREIRA, F. F.); (B) Mariposa <i>I. panopla</i> em caule de eucalipto em MS (PEREIRA, F. F.); (C) Ovo escuro indicando parasitismo por <i>Trichogramma pretiosum</i> e ovo branco após eclosão (PEREIRA, F. F.); (D) Periderme de eucalipto ampliada sob lupa; (E) Ovo parasitado visto na lupa (ARAÚJO, H. M.).	86
Anexo 2. (A, B, C) Montagem do experimento com <i>Trichogramma pretiosum</i> em diferentes densidades de ovos de <i>Iridopsis panopla</i> ; (D) Detalhes do experimento; (E) Longevidade de <i>T. pretiosum</i> em ovos de <i>I. panopla</i> ; (F) Experimento concluído.	87
Anexo 3. (A) Dietas para reprodução de <i>Ephestia kuehniella</i> ; (B) Maripousas de <i>E. kuehniella</i> provenientes das dietas aos 45 dias; (C e D) Detalhes de gaiolas de oviposição; (E) Pesagem de ovos de <i>E. kuehniella</i>	88
Anexo 4. (A) Pesagem de ovos de <i>Ephestia Kuehniella</i> parasitados por <i>Trichogramma pretiosum</i> ; (B) Dosagem dos ovos de <i>E. Kuehniella</i> parasitados por <i>T. pretiosum</i> em berçários; (C) Berçários fechados prontos para liberação em campo; (D, E e F) Liberação dos berçários no campo.	89
Anexo 5. (A, B e C) Embalagem em cápsulas de amido; (D e E) Cápsulas prontas para liberação em plantações de eucalipto; (F, G, H e I) Cápsulas sete dias após a liberação na plantação de eucalipto.	90
Anexo 6. Trabalhos de campos, treinamentos, consultorias e divulgação de resultados científicos realizados em colaboração com empresas parceiras da Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (REFLORE-MS).	91

I. CAPÍTULO

DESEMPENHO BIOLÓGICO E CUSTO DE PRODUÇÃO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) VISANDO AO CONTROLE DE *Iridopsis panopla* PROUT (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM EUCALIPTO

RESUMO: *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae), registrada em 2021 em plantações de eucalipto no Brasil, representa um desafio para as estratégias de controle existentes devido sua capacidade de adaptação e de causar danos à cultura. O objetivo foi fazer o primeiro registro de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *I. panopla* nas plantações de eucalipto em Mato Grosso do Sul, Brasil, avaliar as características biológicas decorrente desse parasitismo em condições controladas e de campo e discutir a eficiência e os custos da produção de *Trichogramma* spp. Para avaliar *T. pretiosum* em plantações comerciais de eucalipto, adultos recém-emergidos de *T. pretiosum* da coleção do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) foram distribuídos nas densidades de 18.000, 36.000, 54.000 e 72.000 por hectare em nove pontos por hectare. Em condições controladas foram avaliadas as características biológicas de *T. pretiosum* quando oferecidos em 5 densidades de de ovos de *I. panopla* por fêmea de *T. pretiosum* (1:1, 3:1, 5:1, 8:1 e 10:1). Para discutir a eficiência e os custos da produção de *Trichogramma* spp. foi utilizado o método de custeio por absorção e variável, abordado os vários parâmetros de custos na produção e qualidade de *Trichogramma* spp. O inédito registro de *T. pretiosum* parasitando naturalmente ovos de *I. panopla* destaca-se como um marco relevante neste estudo. As taxas de parasitismo são promissoras, especialmente quando aplicadas em uma densidade de 72.000 fêmeas por hectare. Ovos de *I. panopla* são adequados para a reprodução de *T. pretiosum*, conforme evidenciado por meio de análises laboratoriais. A otimização dos custos associados à produção em escala de *Trichogramma* spp., envolve enfoque na produtividade das dietas do hospedeiro *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) e automatização dos processos. A embalagem para liberação *Trichogramma* spp. é importante componente dos custos, mas garante a qualidade das aplicações, assim como a dosagem adequada a partir das estimativas de parasitismo e de viabilidade do parasitismo. Além disso, como alternativa em épocas de baixa demanda de *Trichogramma* spp. vender os ovos de *E. kuehniella* podem garantir a lucratividade quando produzidos em escala acima do ponto de equilíbrio (PE).

Palavras-chave: Avaliação de parasitismo; biofábrica; custo de produção; controle biológico; *Eucalyptus urograndis*; lepidópteros-praga.

BIOLOGICAL PERFORMANCE AND PRODUCTION COST OF *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) FOR THE CONTROL OF *Iridopsis panopla* PROUT (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) IN EUCALYPTUS

ABSTRACT: *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae), recorded in 2021 in eucalyptus plantations in Brazil, poses a challenge to existing control strategies due to its adaptability and ability to cause damage to the crop. The aim was to make the first record of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing *I. panopla* eggs in eucalyptus plantations in Mato Grosso do Sul, Brazil, evaluate the biological characteristics resulting from this parasitism under controlled and field conditions, and discuss the efficiency and costs of *Trichogramma* spp. production. To evaluate *T. pretiosum* in commercial eucalyptus plantations, newly emerged adults from the collection of the Laboratory of Insect Biological Control (LECOBIOL) at the Federal University of Grande Dourados (UFGD) were distributed at densities of 18,000, 36,000, 54,000, and 72,000 per hectare in nine points per hectare. Under controlled conditions, the biological characteristics of *T. pretiosum* were evaluated when offered at 5 densities of *I. panopla* eggs per female of *T. pretiosum* (1:1, 3:1, 5:1, 8:1, and 10:1). To discuss the efficiency and costs of *Trichogramma* spp. production, the absorption and variable costing method was used, addressing various cost parameters in *Trichogramma* spp. production and quality. The unprecedented record of *T. pretiosum* naturally parasitizing *I. panopla* eggs stands out as a significant milestone in this study. Parasitism rates are promising, especially when applied at a density of 72,000 females per hectare. *I. panopla* eggs are suitable for *T. pretiosum* reproduction, as evidenced by laboratory analyses. Optimizing the costs associated with large-scale production of *Trichogramma* spp. involves a focus on the productivity of *Ephesia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) host diets and process automation. Packaging for releasing *Trichogramma* spp. is an important cost component but ensures the quality of applications, as well as proper dosage based on parasitism and parasitism viability estimates. Additionally, as an alternative during periods of low demand for *Trichogramma* spp., selling *E. kuehniella* eggs can ensure profitability when produced on a scale above the breakeven point (BE).

Keywords: Parasitism assessment; biofactory; production cost; biological control; *Eucalyptus urograndis*; moth pests.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A promoção de desenvolvimento sustentável é um dos principais desafios globais do século e, dentre estes, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs ao Brasil garantir até 2030, sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, ajudando na manutenção dos ecossistemas (ONU, 2024).

Insumos biológicos são destaques na agricultura atual, para Lenteren (2012) entramos na era do manejo de pragas baseado em ecologia. No setor florestal, em particular na produção de eucalipto, o uso do controle biológico, se faz necessário devido as complexidades associadas ao controle das pragas, especialmente, as lagartas desfolhadoras (PEREIRA et al., 2021). Os monocultivos clonais de eucalipto criam condições favoráveis para o surgimento e propagação de pragas, principalmente quando associados a eventos climáticos severos, como secas, que enfraquecem as defesas naturais das plantas, tornando-as mais vulneráveis às infestações (WILCKEN et al., 2022).

Iridopsis panopla Prout (Lepidoptera: Geometridae) depositam ovos na periderme das árvores e suas pupas ficam protegidas no solo. Essas estratégias tornam o controle mais desafiador. Nesse contexto, *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) destaca-se como parte da solução, devido a sua capacidade de localizar e parasitar os ovos do hospedeiro assim interromper o ciclo de vida da praga (VINSON, 1998; BESERRA & PARRA, 2003). *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) não parasita os ovos do principal desfolhador do eucalipto, a *Thyrinteina arnobia* Stoll (Geometridae), provavelmente devido à presença de substâncias tóxicas nos ovos (VIANNA et al., 2006), mas parasita ovos de *I. panopla*. Ao parasitar os ovos das espécies desfolhadoras do eucalipto, as larvas do parasitoides impedem a emergência das larvas da praga, reduzindo a densidade populacional de maneira seletiva e eficaz.

Por definição, o controle biológico é o uso de um organismo para reduzir a densidade populacional de outro organismo (LENTEREN, 2012). *Trichogramma* spp. é o inimigo natural mais estudado e amplamente utilizado no controle biológico mundialmente (OLIVEIRA et al., 2005). É um microimenóptero (~0,7 mm de comprimento) que parasita ovos de insetos (VIEIRA; QUERINO & ZUCCHI, 2014), principalmente da ordem Lepidoptera (SMITH,

1996), impedindo a emergência de larvas que são consideradas pragas em diversas culturas agrícolas e florestais.

Para a produção do *Trichogramma* spp. com boa relação custo/benefício, é crucial investir em pesquisa para ajustes de escala em universidades e institutos, além de garantir sua compatibilidade com a cultura e outras estratégias de controle (PARRA et al., 2021). Avanços na produtividade e qualidade em larga escala são fundamentais, assim como a viabilidade de sua aplicação em culturas florestais. Estudos conduzidos por Cruz, Figueiredo, Matoso (1999), Tavares (2010), Gouvea et al. (2014) e Lopes, Paixão, Cruz (2018) demonstram a viabilidade econômica da produção em larga escala do *Trichogramma* spp.

Nesse contexto, foi feito o primeiro registro do parasitismo natural de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* em plantações de eucalipto no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, avaliou-se a eficiência biológica desse parasitoide em parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* em condições de laboratório e de campo. Além disso, discute-se os custos e eficiência na produção de *Trichogramma* spp.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O cenário atual no setor florestal brasileiro

O Brasil destaca-se como o principal exportador mundial de celulose, com uma extensão total de 9,94 milhões de hectares dedicados à cultivos de florestas plantadas, o eucalipto representa 76% dessa área. Os plantios de eucalipto concentram-se nas regiões Sudeste e Centro-Oeste: Minas Gerais (29%), Mato Grosso do Sul (15%), e São Paulo (13%). Em 2022, a cadeia produtiva florestal contribuiu com 1,3% do PIB brasileiro, registrando um crescimento de 6,3%, alcançando a sua maior marca desde 2012 (IBÁ, 2023).

No Brasil, a produtividade do eucalipto atinge 32,7 m³/ha/ano (com casca), com um ciclo médio de 6,7 anos (IBÁ, 2023). A produtividade depende principalmente dos sistemas de manejo (seleção genética, preparação do local, fertilização, espaçamento, controle de ervas daninhas, controle de pragas e doenças) (BINKLEY et al., 2020).

Atualmente, os plantios híbridos clonais predominam no cenário florestal brasileiro, com ênfase nos derivados de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis* (RESENDE et al., 2012; WILCKEN et al., 2022). As extensas áreas de plantio monoclonais apresentam riscos significativos devido a reduzida variabilidade genética. A uniformidade genética das plantas, potencializada pelas mudanças climáticas, amplifica os riscos de estresses bióticos e abióticos, como as pragas (PAVAN, 2021).

2.2. Sustentabilidade e desafios no manejo de *I. panopla* em plantios de eucalipto no Brasil

Além do desafio de diversificar geneticamente os plantios de eucalipto, o Brasil tem problemas com pragas nativas e exóticas, o aumento desses surtos pode ser atribuído à expansão da área de plantio do eucalipto, uso limitado de clones com baixa variabilidade genética (híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) e às mudanças climáticas, com maior incidência de secas nas regiões produtoras (WILCKEN et al., 2022), além da utilização indiscriminada de inseticidas para controle dessas pragas que impactam negativamente as populações de inimigos naturais. Essa prática aumenta a pressão de seleção contribuindo para o surgimento de insetos resistentes, intoxica os aplicadores e contamina o meio ambiente (ZANUNCIO et al., 1998; KKADAN et al., 2020).

O emprego do controle biológico, por meio da introdução de predadores e parasitoides, aliado à aplicação de entomopatógenos, destaca-se como uma alternativa altamente eficaz na regulação das populações de insetos-praga, principalmente as dos complexos de lagartas desfolhadoras (GHIOTTO, 2023).

O complexo de lagartas desfolhadoras abrange 10 espécies, com destaque para *Thyrinitea arnobia* Stoll, *Glena unipennaria* (Guenée), *G. bipennaria* (Guenée) (Geometridae), *Sarsina violascens* (Herrich-Schäffer) (Lymantriidae), *Nystalea nyseus* (Cramer) (Notodontidae), *Euseudosoma aberrans* Schaus e *E. involuta* (Sepp) (Arctiidae). No entanto, observa-se a ocorrência crescente de novas espécies, entre elas *I. panopla*, com surtos expressivos (WILCKEN et al., 2022).

O interesse em *Iridopsis* spp. foi inicialmente despertado por surtos populacionais associados a plantações de eucalipto em Minas Gerais, Brasil (ZANUNCIO et al., 1989). Estudos subsequentes identificaram *Iridopsis fulvitincta* (Warren) (Lepidoptera: Geometridae) e uma espécie não identificada de *Iridopsis* em São Carlos, São Paulo, Brasil (GERALDO, 2011).

Iridopsis panopla e *T. arnobia*, alcançaram recentemente elevados níveis populacionais, principalmente em plantações do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil (Anexo1). (PEREIRA et al., 2021; WILCKEN et al., 2021; LUCCHETTA et al., 2022). Desde 2017, a área atacada por *I. panopla* tem ultrapassado 100 mil ha em 2021, surtos dessas ocorreram em cerca de 180 mil ha de eucalipto cultivado devido às condições climáticas favoráveis (WILCKEN et al., 2021).

As lagartas desfolhadoras são manejadas com aplicações aéreas de bioinseticidas à base de *B. thuringiensis*, liberações de parasitoides de pupas e de ovos (*T. pretiosum*) e de percevejos predadores (*Podisus nigrispinus*) e inseticidas reguladores de crescimento (WILCKEN et al., 2022). A integração de inseticidas sintéticos e agentes de controle biológico, constitui-se em uma estratégia mais resiliente para reduzir as populações de insetos (ZANUNCIO et al., 2009; DIAS et al., 2014).

Iridopsis panopla preocupa os produtores de eucalipto devido sua elevada velocidade de crescimento populacional e de causar danos econômicos. Como exemplo, cada fêmea de *I. panopla* pode ovipositar mais de 140 ovos, com mais de 50% de viabilidade em um ciclo de em torno de 80 dias de ovo a adulto (ARAÚJO et al., 2023).

2.3. Uso de *T. pretiosum* para o controle de *I. panopla* em plantios de eucalipto.

Espécies de Trichogrammatidae são amplamente produzidas em nível global. Utilizados em mais de 30 países, esses parasitoides desempenham um papel importante no controle biológico de mais de 20 pragas em várias culturas, incluindo florestas plantadas (PARRA, 2010). *Trichogramma* spp. possui boa eficiência no parasitismo de ovos e pode ser multiplicada em laboratório de maneira fácil e econômica usando hospedeiros alternativos (TAVARES, 2010).

No passado, *Trichogramma* spp. foi erroneamente considerado substituto de inseticidas químicos. As recomendações atuais destacam liberações inoculativas de *Trichogramma* spp. combinadas com inseticidas seletivos, com outros parasitoides, plantas nectaríferas, atenção à dinâmica populacional, outros fatores de mortalidade como as condições climáticas e ao complexo nativo de inimigos naturais, especialmente espécies nativas de *Trichogramma* (PARRA & COELHO, 2022).

Bons resultados com *Trichogramma* spp. foram alcançados por pessoal treinado, integrando conhecimentos sobre biologia do inseto-praga e do parasitoide como a capacidade e viabilidade do parasitismo, duração do ciclo de desenvolvimento, razão sexual, longevidade e decisões econômicas (SMITH, 1996; LOPES, PAIXÃO & CRUZ, 2018; PARRA & COELHO, 2022).

Para otimizar os programas de controle biológico com *Trichogramma* spp. as pesquisas devem reunir diversas informações cruciais como o modo de liberação; tamanho da cultura; padrão de emergência e tempo de atividade; momento de liberação; frequência e taxa de liberação. Além de cuidados nas avaliações com parcelas de controle não tratadas, estimativas precisas que representam a quantidade real de ovos de hospedeiros naturais que foram afetados pelo parasitismo, bem como a extensão dos danos causados à cultura (SMITH, 1996; PARRA & COELHO, 2022).

O parasitismo natural de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* foi confirmado tanto em condições de campo quanto de laboratório (SANTOS et al., 2023). Apesar dos resultados promissores obtidos em ensaios biológicos laboratoriais entre *T. pretiosum* e *I. panopla*, os principais desafios residem em compreender o comportamento desse parasitoide no campo e determinar a quantidade ótima de adultos de *T. pretiosum* a serem liberados para reduzir as populações de *I. panopla* abaixo do nível de controle. Além disso, garantir o fornecimento de

inimigos naturais, no tempo oportuno, para liberação em áreas extensas requer a existência de biofábricas com capacidade de produção próxima aos locais de liberação. Segundo Govea et al. (2014), a falta de disponibilidade de agentes de controle biológico aos produtores é um dos fatores limitantes do potencial do controle biológico, destacando a necessidade de estruturas para a produção de produtos alternativos de controle, especialmente agentes de controle biológico.

Os investimentos em novos empreendimentos para a produção em massa comercial do *Trichogramma* spp. encontram limitações devido à falta de parâmetros econômicos claros (GOUVEA et al., 2014), além disso, os métodos de criação utilizados pelas empresas são segredo industrial (TAVARES, 2010), o que geram uma discrepância nos parâmetros econômicos, portanto, são necessários estudos que relacione os parâmetros econômicos, como os custos, com as técnicas de produção e operação visando à otimização de recursos no processo produtivo. O desenvolvimento de técnicas de produção massal, controle de qualidade, armazenamento, envio e liberação de inimigos naturais pode reduzir o custo de produção e melhorar da qualidade do produto (TAVARES, 2010).

2.4. Custos associados à produção massal de *Trichogramma* spp.

O manejo integrado de pragas (MIP) foi estabelecido por Smith et al. (1976). Os programas que integram o MIP, como o controle biológico, exigem a produção de insetos para diferentes áreas. O domínio de técnicas de criação de insetos levou a avanços significativos para área de criação massal de insetos (PARRA & COELHO, 2022). Segundo Tavares (2010), a criação massal de *Trichogramma* spp. apresenta uma relação custo/benefício aceitável, tornando viável sua utilização tanto no campo quanto em casas de vegetação.

O Brasil, devido à sua vasta biodiversidade, tem o potencial para se destacar como o principal polo global de pesquisa, tecnologia e inovação em bioinsumos (MAPA, 2020). No entanto, o desafio está nos custos do sistema de criação em massa, onde a mão de obra representa 70-80% das despesas totais e o aumento no número de insetos implica em maiores custos (PARRA, 2010). A análise econômica permite conhecer em termos monetários cada atividade da criação e custo de implementação e é crucial para a tomada de decisão sobre qual tática de controle adotar dentro do manejo integrado de pragas (MENDES et al., 2005).

Trichogramma pretiosum pode ser facilmente multiplicado em laboratório, principalmente utilizando ovos do hospedeiro alternativo *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). Essa prática é vantajosa devido ao seu baixo custo, simplicidade no processo e alta taxa de reprodução do hospedeiro (QUERINO & ZUCCHI, 2011). Essa eficiência econômica permite a utilização do *T. pretiosum* como agente de controle em programas de manejo integrado. No entanto, é fundamental salientar que o aumento de escala de produção de insetos nas biofábricas aumentam os desafios relacionados à infraestrutura, saúde e qualidade do inimigo natural, afetando diretamente os custos (TAVARES, 2010; LOPES, PAIXÃO & CRUZ, 2018).

A quantidade de *T. pretiosum* a ser liberada por unidade de área varia em relação à densidade populacional da praga, tipo de cultura, método de cultivo e outros fatores bióticos e abióticos, níveis técnicos e econômicos de aceitação da praga na cultura. Em média, tem-se liberado cerca de 100.000 indivíduos por hectare (CRUZ; FIGUEIREDO & MATOSO, 1999; TAVARES, 2010). Considerando a receita para a produção mensal de 9.000 cartelas com 100.000 *Trichogramma* spp. para um hectare, Cruz; Figueiredo & Matoso (1999) encontrou um valor médio de venda no mercado de R\$ 30,00. A viabilidade econômica de biofábrica de *T. pretiosum* é um investimento seguro e rentável economicamente, com uma taxa de retorno de 8%, sendo superior ao custo de oportunidade do investimento em 8 meses (LOPES, PAIXÃO & CRUZ, 2018). Gouvea et al. (2014) testou a viabilidade em três escalas de produção, 4.500, 9.000 e 13.500 cartelas com 100.000 ovos parasitados com *T. pretiosum*, sendo que a produção de 13.500 cartelas apresentou a maior viabilidade econômica.

Os custos desempenham um papel crucial na tomada de decisões, fornecendo informações estratégicas para determinar preços de venda, ajustar a linha de produtos, estabelecer volumes de produção e definir custos indiretos e fixos (BENDLIN et al., 2014). No contexto da gestão estratégica é frequente o uso de um ou mais sistema de custeio, os sistemas têm por objetivos mensurar os custos de produtos, avaliar estoques e avaliar resultados operacionais (BORNIA, 2010; SOUZA & CLEMENTE, 2011). Destaca-se dentre esses sistemas a análise de custeio por absorção e o custeio variável.

O Método do Custeio por Absorção está atrelado ao surgimento da produção em massa no início do século passado, respaldado no paradigma de produção em grandes lotes para diminuição dos custos indiretos, e, por consequência, o Custo Unitário de Produção. Produção em grandes lotes (altos volumes de produção) resultando custos unitários menores implicava

eficiência do processo em termos de volume, tempo e custos (BORNIA, 2010; CLEMENTE et al., 2021).

O custeio por absorção é o método recomendado pela legislação brasileira, é o sistema de custeio mais utilizado para monitorar a eficiência dos processos em termos de volume, tempo e custos. Nesse método, os custos de produção devem refletir a passagem da matéria prima pelo sistema produtivo até o produto acabado, nessa passagem, vai absorvendo recursos e gerando custos diretos e indiretos de produção (SOUZA & CLEMENTE, 2011). No Custeio por Absorção, os custos são classificados em diretos e indiretos. Se a empresa for monoprodutora, todos os custos indiretos serão adicionados e dividindo-se o custo total pela quantidade produzida em certo período poder-se-á calcular o custo unitário do produto. (BORNIA, 2010; CLEMENTE, 2004).

Jonathan Harris propôs o método do custeio variável em 1936, logo após a crise econômica iniciada em 1929 nos Estados Unidos. Nesse contexto, a oferta de produtos não encontrava compradores, contrariando a Lei de Jean-Baptiste Say, que sugere que toda oferta gera sua própria demanda. Diante disso, surgiu a necessidade de uma gestão orientada para resultados, abrangendo não apenas a produção, mas também as vendas (CLEMENTE et al., 2021).

A análise de Custeio Variável separa os custos em duas categorias: custos fixos e custos variáveis. Os custos variáveis mudam conforme a produção, enquanto os custos fixos permanecem constantes, ou são poucos afetados (SOUZA & CLEMENTE, 2011; SOUZA; SCHNORR & FERREIRA, 2011). Esse modelo pressupõe que, para funcionar, a empresa já está comprometida com os custos fixos, essa abordagem é especialmente útil nas tomadas de decisões de curto prazo, onde os custos variáveis são relevantes e os custos fixos não são, pois a longo prazo todos os custos são variáveis (BORNIA, 2010).

A análise de custo-volume-lucro é frequentemente utilizada junto ao custeio variável (SOUZA; SCHNORR & FERREIRA, 2011). Essa técnica avalia a relação entre os custos, o volume de produção e as receitas, permitindo determinar o ponto de equilíbrio, a margem de contribuição e o lucro em diferentes cenários de produção (BORNIA, 2010; COLPO et al., 2015). Se a empresa ou projeto operar em níveis inferiores ao ponto de equilíbrio, sua receita não será suficiente para cobrir o custo total, somente se a empresa ou projeto operar acima do ponto de equilíbrio o resultado líquido será positivo (CLEMENTE, 2004).

A divisão entre custos fixos e variáveis tem um impacto significativo na análise de custo-volume-lucro. A correta identificação dos custos fixos é fundamental para determinar o ponto de equilíbrio, ou seja, o volume necessário para cobrir todos os custos e atingir o lucro desejado (BORNIA, 2010). E a análise da margem de contribuição, que é a diferença entre as receitas e os custos variáveis, ajuda a entender a rentabilidade de diferentes produtos ou serviços (MARTINS, 2010).

Em consonância com o cenário crescente de bioinsumos no Brasil, a otimização dos custos associados à produção em escala de *Trichogramma* spp. é importante para garantir a viabilidade econômica do uso de *T. pretiosum*. A influência da produtividade das dietas do hospedeiro *E. kuehniella*, dos processos de fabricação e das embalagens nos custos ampliam os horizontes para produção em escala de *Trichogramma* spp. O recente registro de *T. pretiosum* parasitando naturalmente ovos de *I. panopla* representa um marco relevante neste estudo, evidenciando seu potencial no controle dessa praga. As taxas promissoras de parasitismo, especialmente quando aplicadas com uma densidade de 72.000 fêmeas por hectare, reforçam o potencial desse parasitoide. As avaliações laboratoriais confirmam a adequação dos ovos de *I. panopla* para a reprodução de *T. pretiosum*, corroborando para seu uso como agente de controle para esta praga em plantios de eucalipto. O equilíbrio entre eficácia do controle, sustentabilidade ambiental e custos operacionais é fundamental para garantir a produtividade a longo prazo dos plantios florestais.

3. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, H. M.; PEREIRA, F. F.; WILCKEN, C.; SANTOS, F. H. M.; OLIVEIRA, N. B. F. Biology of *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae) on different diets. In.: **Anais IUFRO WP 7.02.13 and 7.02.03 meeting**, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/secondiufrowpmeeting/papers?lang=en>
- BESERRA, E. B. & PARRA, J. R. Comportamento de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em posturas de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, p. 205-209, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262003000200009>
- BENDLIN, L.; SOUZA, A.; SEIDEL, G.; STOEBERL, A. Custos de produção, expectativas de retorno e de riscos do agronegócio mel no planalto norte de Santa Catarina. In.: **XXI Anais do Congresso Brasileiro de Custos**. Natal / RN, 2014.
- BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A.; CARNEIRO, R. L. & STAPE, J. L. (). Variation in whole-rotation yield among Eucalyptus genotypes in response to water and heat stresses: The TECHS project. **Forest Ecology and Management**, v. 462, p. 117953, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117953>
- BORNIA, A. C. **Análise Gerencial de Custos**. São Paulo: Atlas, ed. 2, v.1, p. 315, 2010.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **BIOINPUTS - Increasing Brazilian Biodiversity**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/national-bioinputs-program> Acesso em: 10 fev. 2024.
- CLEMENTE, A. & SOUZA, A. Considerações de custo e valor da informação. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 99, p. 60-74, 2004.
- CLEMENTE, A.; SOUZA, A.; ARAÚJO, J. A. R.; SOUZA ALVES, L. R. L. Mercado, processo de produção e custos do sal in natura: Um estudo de caso em uma grande salina do Brasil. **Custos e Agronegócio**, v. 17, n. 1, p. 303 – 331, 2021.
- COLPO, I.; MEDEIROS, F. S. B.; AMORIN, A. L. W.; WEISE, A. D. Análise do custo-volume-lucro auxiliando na tomada de decisão: o caso de uma microempresa. **Revista do micro e pequena empresa**, v. 9, p. 22-36, 2015.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. D. L. C.; MATOSO, M. J. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma*. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**, 1999.
- DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; BARBOSA, L. R.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Predation of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) by *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) in Brazil. **ISJ-Invertebrate Survival Journal**, v. 11, p. 224-227, 2014.

DINIZ, J. B.; PAIXÃO, M. A. S. Viabilidade econômica da terceirização ou compra de frota de veículos para empresa de fertilizantes minerais. **Revista IPecege**, v. 3, n. 3, p. 49-55, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.3.49>

GERALDO, M. **Larvas de Geometridae (Lepidoptera) e seus parasitoides em sub-bosque nativo na Universidade Federal de São Carlos, Campus São Carlos, Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. p. 91, 2011.

GHIOTTO, T. C.; BARBOSA, M. C.; GUERREIRO, J. C.; PRADO, E. P.; MASSON, M. V.; TAVARES, W. S.; FERREIRA-FILHO, P. J. Ecological importance of lepidopteran defoliators on eucalyptus plantations based in faunistic and natural enemy analyses. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e268747, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.268747>

GOUVEA, A.; GNOATTO, V. J.; SILVA, E. R. L.; POTRICH, M. Análise econômica da produção de *Trichogramma pretiosum* Riley em diferentes escalas. **EntomoBrasilis**, v. 7, p. 41-47, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v7i1.37>

IBÁ, Industria Brasileira de Árvores. **Relatório anual**, 2023. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2024

KKADAN, S. K.; SIRAIT, B. A.; ASFA, R.; TAVARES, W. S.; TARIGAN, M.; DURAN, A.; SHARMA, M. (2020). Evaluation of a spinetoram-based insecticide against lepidopteran and thrips infesting acacia and eucalyptus in Sumatra, Indonesia. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, p. 1345-1351, 2020.

LENTEREN, J. C.V. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, p. 1-20. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>

LOPES, S. R.; PAIXÃO, M. A. S.; CRUZ, I. Viabilidade econômica de biofábrica de *Trichogramma pretiosum* para uso contra pragas agrícolas da ordem Lepidoptera. **Revista IPecege**, v. 4, n. 1, p. 44–50, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2018.1.44>

LUCCHETTA, J.T.; PEREIRA, F.F.; CARDOSO, C.R.G.; WILCKEN, C.F.; SANTOS, F.A.; PALOMBO, I.L.; SANTOS, J.P.; RAMOS, L.F.N.; SIMONELI, B.C. & TAVARES, M.T. First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in *eucalyptus* (Myrtaceae). **The Canadian Entomologist**. v. 154 p. e23, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, ed. 10, p. 370, 2010.

MENDES, S.M.; BUENO, V.H.P.; CARVALHO, L.M & REIS, R.P., Custo de produção de *Orius insidiosus* como agente de controle biológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40: p. 441-446, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500003>

OLIVEIRA, H. N. D.; COLOMBI, C. A.; PRATISSOLI, D.; PEDRUZZI, E. P.; DALVI, L. P. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner, 1978 (Hymenoptera:

Trichogrammatidae) criado em dois hospedeiros por diversas gerações. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 284-288, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000200003>

ONU, Nações Unidas Brasil. **Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil: Fome zero e agricultura sustentável**, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: fevereiro de 2024.

PARRA, J.R.P. **Criação em massa de ovos de parasitoides para programas de controle biológico**. Cap. 10, p. 266 – 304, 2010.

PARRA, J. R. P.; COELHO JR, A. Insect rearing techniques for biological control programs, a component of sustainable agriculture in Brazil. **Insects**, v. 13, n. 1, p. 105, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13010105>

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

PAVAN, B. E.; AMARAL, R. G.; PUPIN, S.; COSTA, R. M. L.; COSTA DIAS, D.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Competitive ability among *Eucalyptus* spp. commercial clones in Mato Grosso do Sul state. **Forest Ecology and Management**, v. 494, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119297>

PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L.; KASSAB, S. O.; TORRES, J. B.; CARDOSO, C. R. G.; FERNANDES, W. C.; DINIZ, A. J. F.; ZANUNCIO, J. C. Densidade do parasitoide e do hospedeiro, (2021). In.: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (ed.) **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura Brasileira**. Piracicaba, São Paulo, Brasil, FEALQ, p. 317-361, 2021.

QUERINO, R. B. & ZUCCHI, R. A. **Guia de identificação de Trichogramma para o Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, v. 1, p. 103, 2011.

RESENDE, M. D.; RESENDE Jr, M. F.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; MISSIAGGIA, A. A.; AGUIAR, A. M.; GRATTAPAGLIA, D. Genomic selection for growth and wood quality in *Eucalyptus*: capturing the missing heritability and accelerating breeding for complex traits in forest trees. **New Phytologist**, v. 194, n. 1, p. 116-128, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.04038.x>

SANTOS, F.H.M.; PEREIRA, F.F.; CARDOSO, C.; ARAÚJO, H.M.; SILVA, C.P.D.; WILCKEN, C.; RAMOS, L.F.N. Biological performance of *Trichogramma pretiosum* with different egg densities of *Iridopsis panopla*. In.: **Anais IUFRO WP 7.02.13 and 7.02.03 meeting**, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/secondiufrowpmeeting/papers?lang=en>

SMITH, R.F.; APPLE, J.L.; BOTTRELL, D.G. The origins of integrated pest management concepts for agricultural crops. In.: APPLE, J.L.; SMITH, R.F. (eds.). **Integrated pests management**. New York: Plenum Press. 1976, p. 1 – 27.

SMITH, S. M. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. **Annual review of entomology**, v. 41, p. 375-406, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>

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

SOUZA, M. A.; SCHNORR, C.; & FERREIRA, F. B. Análise das relações custo-volume-lucro como instrumento gerencial: um estudo multicase em indústrias de grande porte do Rio Grande do Sul. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 5, p.109-134, 2011. DOI: <https://doi.org/10.11606/rco.v5i12.34797>

TAVARES, W. S. Custos de uma Biofábrica de *Trichogramma pretiosum* Riley para o Controle da Lagarta-do-Cartucho no Milho. **EntomoBrasilis**, v. 3, p. 49-54, 2010. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v3i2.76>

VIEIRA, J. M.; QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. On the identity of *Trichogramma demoraesi* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae), with a checklist and a key to *Trichogramma* species associated with *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera, Sphingidae) in Brazil. **Zootaxa**, v. 3869, p. 83-89, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3869.1.8>

VIANNA, U. R.; SAITO, N. S.; HOLTZ, A. M.; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A. Can the *Thyrintina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) embryo protect the *Trichogramma* spp. parasitism? **Idesia (Arica)**, v. 24, p. 65-67, 2006.

VINSON, S. B. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **Biological Control**, v. 11, p. 79-96, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0601>

WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A.; BARBOSA, L. R.; SOUZA, C. D.; ZANUNCIO, J. C.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C. Desafios do manejo de lagartas desfolhadoras de eucalipto. In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**, v. 28, p. 1172, 2022.

WILCKEN, C.F.; SANTOS, F.A.E.; PEREIRA, F.F. 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. 2021.

ZANUNCIO, J.C.; MEZZOMO, J.A.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, A.C. Influence of strips of native vegetation on Lepidoptera associated with *Eucalyptus cloeziana* in Brazil. **Forest ecology and management**, v. 108, p. 85-90, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00215-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00215-1)

ZANUNCIO, J. C.; SANTOS, G. P.; SARTÓRIO, R. C.; ANJOS, N. D.; MARTINS, L. C. Levantamento e flutuação populacional de lepidópteros associados à eucaliptocultura: 3-Região do Alto São Francisco, Minas Gerais, março de 1988 a fevereiro de 1989. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. 41, n. 42, p. 77-82, 1989.

ZANUNCIO, J. C.; TORRES, J. B.; SEDIYAMA, C. A.; PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L.; WERMELINGER, E. D.; RAMALHO, F. S. Mortality of the defoliator *Euselasia eucerus* (Lepidoptera: Riodinidae) by biotic factors in an Eucalyptus urophylla plantation in Minas Gerais State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, p. 61-66, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652009000100008>

4. OBJETIVOS

CAPÍTULO I

Objetivo geral: Fazer o primeiro registro de *T. pretiosum* parasitando ovos de *I. panopla* nas plantações de eucalipto em Mato Grosso do Sul, Brasil, avaliar as características biológicas decorrente desse parasitismo em condições controladas e de campo e discutir os custos e eficiência na produção de *Trichogramma* spp.

CAPÍTULO II

Registrar o parasitismo natural de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* em plantações de eucalipto.

Avaliar os aspectos biológicos de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* em laboratório.

Avaliar o parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla*, com diferentes densidades deste parasitoide em plantações de eucalipto.

CAPÍTULO III

Avaliar o desempenho biológico de *T. pretiosum* sob diferentes densidades de ovos de *I. panopla*.

CAPÍTULO IV

Analisar os custos de biofábrica de *Trichogramma* spp., empregando as metodologias de Custeio por Absorção Integral e Custeio Variável, visando à otimização dos recursos e do processo produtivo.

5. HIPÓTESES

CAPÍTULO II

Trichogramma pretiosum parasita naturalmente ovos de *I. panopla* em plantações de eucalipto.

Trichogramma pretiosum parasita se desenvolve em ovos de *I. panopla* em condições de laboratório.

A densidade de *T. pretiosum* interfere no seu parasitismo em ovos de *I. panopla* em plantações de eucalipto.

CAPÍTULO III

Uma fêmea adulta de *T. pretiosum* é capaz de parasitar mais de um ovo de *I. panopla* em 24h.

CAPÍTULO IV

A análise de custeio por absorção pode destacar possíveis gargalos na produção de *Trichogramma* spp.,

Aumentar a produtividade das dietas reduz os custos de produção de *Trichogramma* spp.

O uso de embalagens aumenta custos totais de produção.

Adaptar a produção e dose de liberação com base na taxa de parasitismo e viabilidade do parasitismo aumenta os custos de produção.

Produzir *E. kuehniella* para venda em períodos de baixa demanda por *Trichogramma* spp. é viável para manter a receita estável ao longo do ano.

A análise através do custeio variável permite identificar a escala necessária de produção *Trichogramma* spp. para obter lucro.

II. CAPÍTULO

NOTA CIENTÍFICA: PRIMEIRO REGISTRO DE *Trichogramma pretiosum* PARASITANDO OVOS DE *Iridopsis panopla* EM EUCALIPTO NO BRASIL.

RESUMO: *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) é um importante desfolhador de eucalipto. Ovos de *Iridopsis panopla* foram coletados naturalmente em uma plantação comercial de *Eucalyptus urograndis*, em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil. Após nove dias, ocorreu a emergência natural de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nos ovos de *I. panopla*. O parasitismo foi avaliado em condições de laboratório e campo, sendo este o primeiro registro para eucalipto no Brasil. Com base nas características biológicas avaliadas em laboratório, os ovos de *I. panopla* são adequados para a reprodução de *T. pretiosum*. As taxas de parasitismo obtidas, especialmente quando foram empregadas 72.000 fêmeas adultas de *T. pretiosum* por hectare, fornecem informações valiosas sobre o potencial de *T. pretiosum* como um agente de controle biológico eficaz contra *I. panopla* em plantações de eucalipto.

Palavras Chave: avaliação de parasitismo; controle biológico; *Eucalyptus urograndis*; lepidópteros-praga; manejo de pragas.

Artigo aceito para publicação na Florida Entomologist (prelo).

FIRST RECORD OF *Trichogramma pretiosum* PARASITIZING EGGS OF *Iridopsis panopla* IN EUCALYPTUS IN BRAZIL

ABSTRACT: *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) is an important lepidopteran defoliator of eucalyptus. *Iridopsis panopla* eggs were collected naturally in a commercial plantation of *Eucalyptus urograndis* W. Hill (Myrtaceae) in Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brazil. After nine days, the natural emergence of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) occurred in *I. panopla* eggs. Its parasitism was evaluated under laboratory and field conditions, this being the first record for eucalyptus in Brazil. Based on the biological characteristics evaluated in the laboratory, *I. panopla* eggs are suitable for *T. pretiosum* reproduction. The obtained percentage parasitism, particularly when 72,000 adult females of *T. pretiosum* per hectare were employed, provide valuable insights regarding the potential of *T. pretiosum* as an effective biological control agent against *I. panopla* in eucalyptus plantations.

Key Words: biological control; *Eucalyptus urograndis*; lepidopteran pests; parasitism evaluation; pest management.

Article accepted for publication in the Florida Entomologist (in press).

1. INTRODUÇÃO

Iridopsis panopla Prout (Lepidoptera: Geometridae) tem causado danos em plantações de eucalipto no Mato Grosso do Sul, Brasil (Anexo 1) (LUCCHETTA et al. 2022). A ocorrência de *I. panopla* foi registrada em 2021 em 181.174 hectares cultivados com eucalipto no Brasil (WILCKEN et al. 2021).

Os parasitoides são um fator significativo de mortalidade para espécies praga, e os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são particularmente importantes contra espécies de lepidópteros (PARRA & COELHO 2022). Até o momento, não foi registrada a ocorrência natural de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de lepidópteros em eucaliptos no Brasil. Portanto, os objetivos foram: 1. Registrar o parasitismo natural de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* em plantações de eucalipto. 2. Avaliar os aspectos biológicos de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* em laboratório. 3. Avaliar o parasitismo natural de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla*, com diferentes densidades do parasitoide em plantações de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

A coleta e a identificação taxonômica do parasitoide e da espécie de lepidóptero ocorreram em maio de 2021. Ovos, adultos e larvas de uma espécie de lepidóptero desfolhador foram coletados de dez árvores em uma plantação comercial de *Eucalyptus urograndis* W. Hill (Myrtaceae) em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil (20,0395556 °S, 51,8355556 °W).

Cada árvore produziu um único recipiente coletor universal de 80 ml contendo vários fragmentos da periderme com os ovos e transportados para o Laboratório de Controle Biológico de Insetos da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul (22,1990444 °S, 54,9337211 °W). No laboratório, os ovos foram mantidos em sala climatizada (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 14 horas) para observar a possível eclosão das larvas ou a emergência dos parasitoides. Após 10 dias, exemplares da família Trichogrammatidae emergiram dos ovos em todos os recipientes de coleta, com taxa de parasitismo de 4,5% e emergência de 100%. Dez exemplares machos foram enviados para a Coleção de Insetos Entomófagos "Oscar Monte", sediada em Campinas, São Paulo, Brasil, no

Núcleo de Referência em Controle Biológico do Instituto Biológico, sob os números de acesso IB-CBE 008371 a IB-CBE 008380.

2.2. Identificação do hospedeiro

Os adultos de lepidópteros foram coletados em gaiolas de nylon (modelo FTF3232, pragas.com, Piracicaba, São Paulo) com dimensões de 32,5 cm³ e enviados para identificação usando técnicas moleculares. Trinta e dois adultos foram submetidos à extração total de DNA genômico usando a metodologia descrita por Ferronato et al. (2019). A região do gene do citocromo oxidase 1 mitocondrial da amostra de DNA foi amplificada e sequenciada. Posteriormente, foi comparada a um banco de dados de referência (BOLD Systems, <https://www.boldsystems.org/index.php/databases>), e uma homologia de 100% foi obtida com a espécie *I. panopla*.

2.3. Aspectos biológicos de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla*

Para avaliar a biologia de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla*, uma segunda coleta de larvas de *I. panopla* foi conduzida em uma plantação comercial de *E. urograndis*. As larvas foram transportadas em sacos de organza para o Laboratório de Controle Biológico de Insetos, onde foram criadas em condições controladas (25 ± 2 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 14 horas) e alimentadas com ramos de *E. urograndis* até atingirem o estágio de pupa. As pupas foram transferidas para gaiolas de nylon (modelo FPEF4793, pragas.com, Piracicaba, São Paulo) com dimensões de 93,0 × 47,5 × 47,5 cm, contendo uma muda de *E. urograndis* e uma solução de mel a 10% para alimentar os adultos durante a oviposição. Cinco ovos de *I. panopla* com até 24 horas de idade foram fixados em cartões azul-celeste (1,0 × 7,0 cm) com goma arábica (30%) e colocados em tubos de vidro (1,5 × 10 cm) cobertos com filme plástico e uma gotícula de mel pincelada na parede dos tubos. Uma única fêmea de *T. pretiosum* (>24 h de idade) da colônia do Laboratório foi então colocada em cada tubo. O parasitismo foi permitido por 24 horas em uma sala climatizada. As características avaliadas no experimento incluíram a duração do ciclo de vida (ovo a adulto), a porcentagem de parasitismo, o número de ovos parasitados, a porcentagem de emergência, o número de indivíduos por ovo, a razão

sexual e a longevidade da prole. Foram realizadas quinze repetições, com uma fêmea de *T. pretiosum* parasitando cinco ovos de *I. panopla* por repetição.

2.4. Parasitismo de *T. pretiosum* em ovos *I. panopla* em diferentes densidades em plantio comercial de eucalipto

Para avaliar *T. pretiosum* em plantações comerciais de eucalipto, adultos recém-emergidos de *T. pretiosum* da coleção do Laboratório de Controle Biológico de Insetos foram distribuídos a taxas de 18.000, 36.000, 54.000 e 72.000 por hectare em nove pontos por hectare, encapsulados em amido com uma gota de mel como alimento. A distribuição foi realizada em parcelas 5, 6 e 7 de uma plantação comercial de *E. urophylla* (20,0395444 °S; 51,8355611 °W), que estava naturalmente infestada com 8 a 11 lagartas por 100 folhas de *I. panopla*.

2.5. Análise estatística

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos e três repetições, sendo que cada repetição correspondia a um hectare e havia uma distância de 100 metros entre os tratamentos. Uma área não tratada (sem liberação de parasitoides) foi usada como controle. Após nove dias, fragmentos de periderme contendo ovos de *I. panopla* foram coletados de nove árvores de eucalipto selecionadas aleatoriamente dentro de suas respectivas áreas de tratamento. As amostras foram então colocadas individualmente em frascos de coleta de 80 ml e transportadas para o laboratório, onde foram mantidas em uma sala climatizada para monitorar a emergência de lagartas ou de parasitoides. Após 30 dias foi feita uma nova amostragem de quantidade de lagartas de *I. panopla* em 1000 folhas de eucalipto coletadas de 10 árvores.

A porcentagem de parasitismo e emergência de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* foi analisada por meio de análise de regressão. A equação de melhor ajuste foi selecionada com base nos coeficientes significativos, coeficiente de determinação (R^2), significância dos coeficientes de regressão (β_i) e no teste de F de regressão ($p \leq 0,05$), e verificou-se ser apropriada para o fenômeno biológico estudado.

3. RESULTADOS

O parasitoide coletado nos ovos de *I. panopla* foi identificado como *T. pretiosum*, sendo este o primeiro registro de sua ocorrência natural em ovos de *I. panopla* em eucalipto no Brasil. Isso abre possibilidades para o uso de *T. pretiosum* na redução de populações desse lepidóptero desfolhador em plantações de eucalipto.

Os seguintes resultados foram obtidos em relação à biologia de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla*: porcentagem de parasitismo de $78,33 \pm 3,86\%$, porcentagem de emergência de $93,68 \pm 3,02\%$, duração do ciclo de vida (ovo a adulto) de 10 dias, número de ovos parasitados de $3,92 \pm 0,19$, número de indivíduos por ovo de $3,28 \pm 0,42$, proporção sexual de $0,73 \pm 0,19$, e longevidade das fêmeas de $15,00 \pm 1,96$ dias e dos machos de $9,90 \pm 1,43$ dias de *T. pretiosum*.

Fêmeas adultas de *T. pretiosum* conseguiram encontrar, parasitar e emergir de ovos sob a casca de árvores de eucalipto. As percentagens de parasitismo variaram de $14,28 \pm 2,79$ a $24,55 \pm 5,46\%$ para liberações de 18.000 a 72.000 parasitoides por hectare (Figura 1). O parasitismo aumentou linearmente com o número de parasitoides liberados e atingiu um máximo quando liberado 72.000 adultos por hectare (Figura 2). Nenhum parasitismo foi observado na área de controle, confirmando que o parasitismo ocorreu exclusivamente devido às liberações em diferentes densidades. A quantidade de lagartas de *I. panopla* em 1000 folhas de eucalipto coletadas de 10 árvores era superior a 5 em áreas sem liberação de parasitoides. Enquanto isso, a população de lagartas de *I. panopla* foi nula após 30 dias da liberação de *T. pretiosum*, independentemente de sua densidade.

4. DISCUSSÃO

Espécies de *Trichogramma* apresentam variação na porcentagem de parasitismo em ovos de diferentes espécies de Geometridae. Fêmeas de *T. pretiosum* não parasitam ovos de *Oxydia vesulia* (Cramer) (Lepidoptera: Geometridae) (OLIVEIRA et al., 2011), enquanto fêmeas adultas de *Trichogramma acacioi* Brun, Morais & Soares têm uma porcentagem de parasitismo de $14,90 \pm 0,60\%$ nesses ovos (OLIVEIRA et al., 2011). Experimentos de laboratório demonstraram que *T. pretiosum* pode parasitar e emergir de mais de 78% dos ovos de *I. panopla*, sugerindo potencial para avaliações em campo.

O tamanho do ovo afeta as taxas de parasitismo de *Trichogramma* spp. Ovos de *I. panopla* e *O. vesulia*, ambas da família Geometridae, têm tamanho quase idêntico, resultando em um número semelhante de indivíduos de *T. acacioi* por ovo ($3,01 \pm 0,07$). Espécies de

Trichogramma geralmente depositam um ovo por hospedeiro da família Noctuidae, que têm ovos menores que os da Geometridae (BUENO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011).

A razão sexual varia conforme o hospedeiro e a espécie de *Trichogramma* (PEREIRA et al., 2004; BUENO et al., 2010). Neste estudo, a proporção sexual foi superior a 70%, indicando a importância fêmeas parasitoides na redução da população de insetos-praga (PEREIRA et al., 2019). Descendentes de *T. pretiosum* provenientes de ovos de *I. panopla* apresentaram uma longevidade maior do que outras espécies de *Trichogramma*, com uma expectativa de vida de fêmeas e machos de $5,00 \pm 1,96$ e $9,90 \pm 1,43$ dias, respectivamente. A prole fêmea de *T. acacioi* em ovos de *O. vesulia* teve uma expectativa de vida mais curta de $1,51 \pm 0,02$ dias (BUENO et al., 2010). Maior longevidade pode aumentar as chances de encontrar ovos hospedeiros em condições de campo (BESERRA; DIAS & PARRA, 2003).

A percentagem de emergência de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla* nas densidades avaliadas foi semelhante, com uma média geral de $27,98 \pm 1,72$. Esse valor é inferior ao obtido em laboratório sob condições controladas e pode ser devido à exposição dos ovos às condições ambientais, como temperatura e umidade relativa. No entanto, foi observado um impacto na população de *I. panopla* nas áreas onde o parasitoide foi liberado, indicando uma relação entre a liberação do parasitoide e a redução da população de *I. panopla*. Isso sugere que o parasitoide foi capaz de se estabelecer nas áreas tratadas e contribuir para a redução da população de *I. panopla*. Pesquisas adicionais são necessárias para otimizar a densidade e o número de liberações de *T. pretiosum* por hectare com base na intensidade da infestação de *I. panopla* para um possível registro como produto biológico junto ao Ministério da Agricultura do Brasil.

5. CONCLUSÃO

Este é o primeiro registro de *T. pretiosum* parasitando naturalmente ovos de *I. panopla* em plantações comerciais de eucalipto no Brasil. Com base nas características biológicas avaliadas em laboratório, ovos de *I. panopla* são adequados para a reprodução de *T. pretiosum*. A porcentagem de parasitismo obtida, especialmente quando foram utilizadas 72.000 fêmeas adultas de *T. pretiosum* por hectare, fornece informações valiosas sobre o potencial de *T. pretiosum* como agente eficaz de controle biológico contra *I. panopla* em plantações de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS

- BESERRA, E.B.; DIAS, C.T.S.; PARRA, J.R.P. Biological characteristics of *Trichogramma pretiosum* strains developed on eggs of *Spodoptera frugiperda*. **Acta Scientiarum-Agronomy**. V. 25, p. 479–483, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.2060>
- BUENO, R.C.O.F.; BUENO, A.F.; PARRA, J.R.P.; VIEIRA, S.S.; OLIVEIRA, L.J. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, p. 322–327, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000200016>
- FERRONATO, P.; WOCH, A. L.; SOARES, P. L.; BERNARDI, D.; BOTTON, M.; ANDREAZZA, F.; CORRÊA, A. S. A phylogeographic approach to the *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) invasion in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 425–433, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy321>
- LUCCHETTA, J.T.; PEREIRA, F.F.; CARDOSO, C.R.G.; WILCKEN, C.F.; SANTOS, F.A.; PALOMBO, I.L.; SANTOS, J.P.; RAMOS, L.F.N.; SIMONELI, B.C.; TAVARES, M.T. (2022). First record in Brazil of *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) and *Trichospilus diatraeae* Cherian and Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) parasitising pupae of *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) in *eucalyptus* (Myrtaceae). **The Canadian Entomologist**. v. 154 p. e23, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>
- OLIVEIRA, H.N.; ZANUNCIO, J.C.; PEREIRA, F.F.; PRATISSOLI, D. *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species as an agent of biological control of *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v.37 p. 238–239, 2011. DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v37i2.9081>
- PARRA, J.R.P.; COELHO, A. Jr. Insect rearing techniques for biological control programs, a component of sustainable agriculture in Brazil. **Insects**, v. 13, p. 2–18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13010105>
- PEREIRA, F.F.; BARROS, R.; PRATISSOLI, D. Performance of *Trichogramma pretiosum* Riley and *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submitted to the eggs different densities of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Ciência Rural**, v. 34, p. 1669–1674, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600001>
- PEREIRA, F.P.; REIGADA, C.; DINIZ, A.J.F.; PARRA, J.R.P. Potential of two Trichogrammatidae species for *Helicoverpa armigera* control. **Neotropical Entomology**, v. 48, p. 966–973, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00730-4>
- WILCKEN, C.F.; SANTOS, F.A.E.; PEREIRA, F.F. **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. 2021.

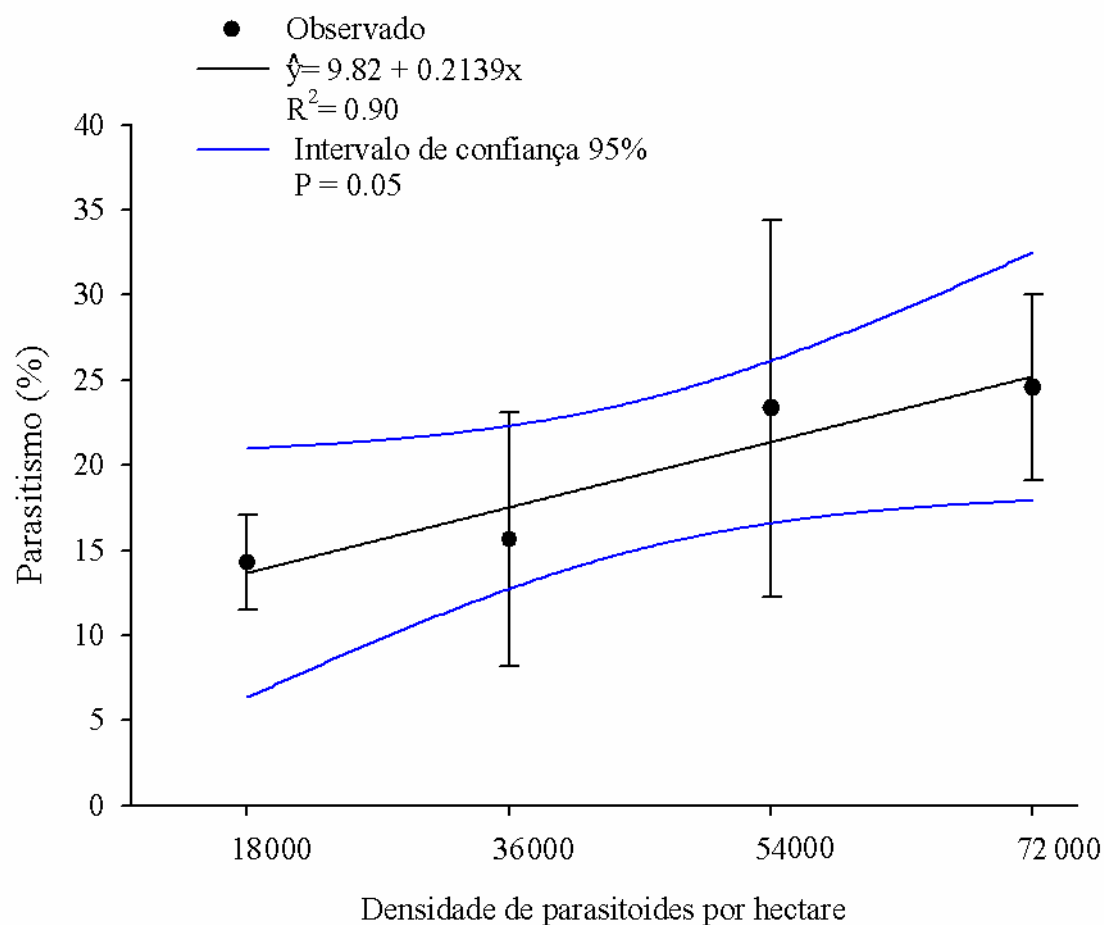


Figura 1. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) em função do número de indivíduos liberados por hectare em uma plantação comercial de eucalipto naturalmente infestada em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil.

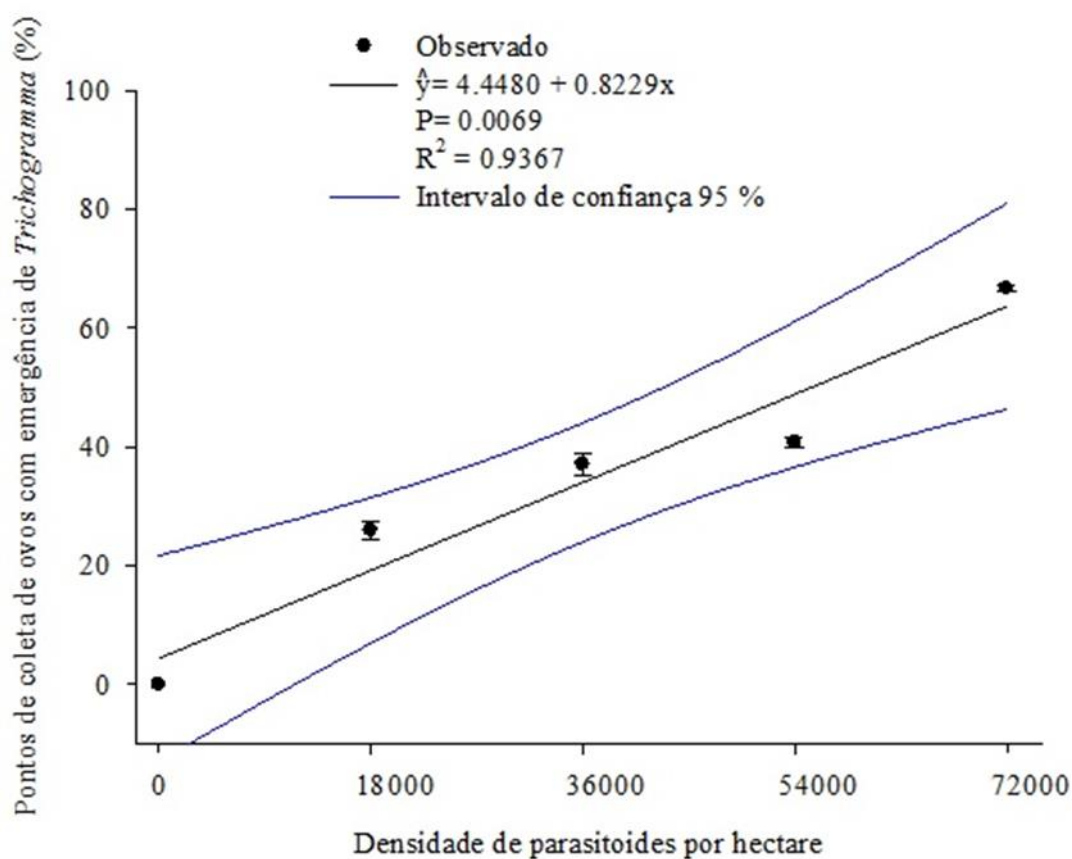


Figura 2. Emergência de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a partir de ovos de *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) coletados em uma plantação comercial de eucalipto naturalmente infestada em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil.

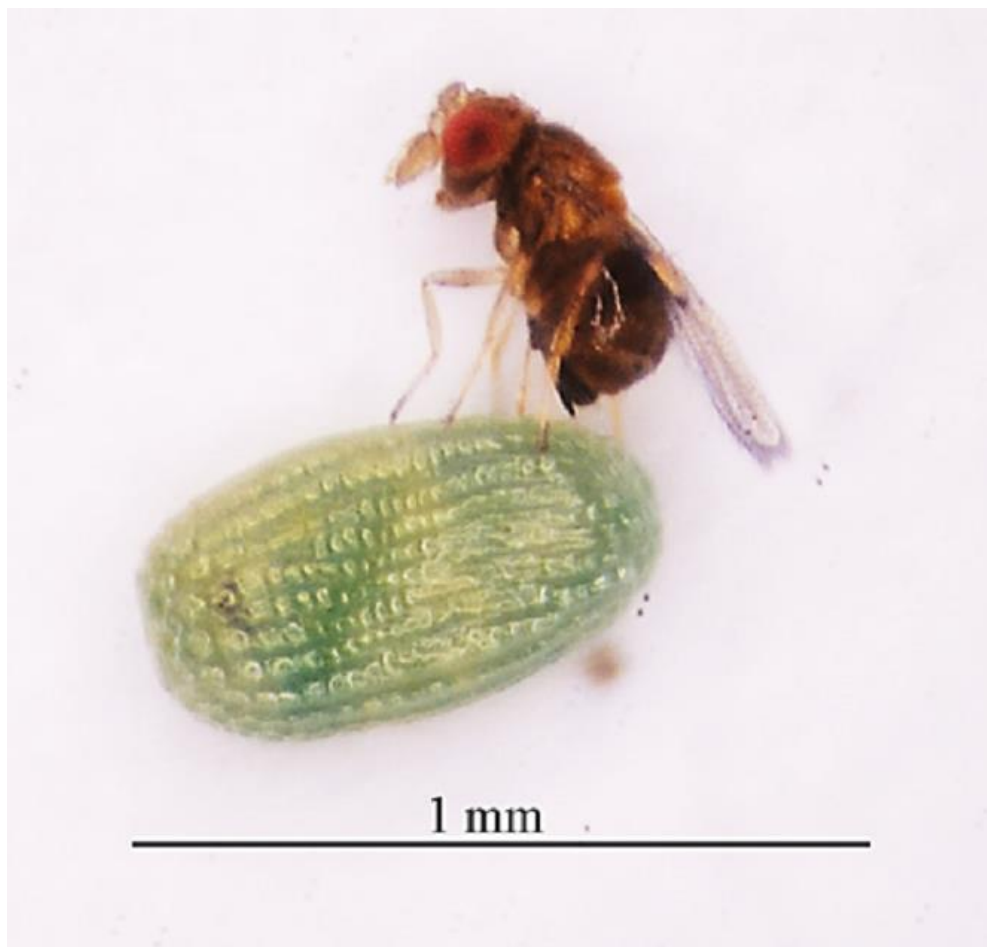


Figura 3. Fêmea de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae).

III. CAPÍTULO

DESEMPENHO BIOLÓGICO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYM.: TRICHOGRAMMATIDAE) EM DIFERENTES DENSIDADES DE OVOS DE *Iridopsis panopla* PROUT (LEP.: GEOMETRIDAE).

RESUMO: *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) tem causado danos em plantações de eucalipto no Brasil. Observou-se que fêmeas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitam ovos de *I. panopla* em condições de campo e de laboratório. O objetivo foi avaliar as características biológicas do *T. pretiosum* em diferentes densidades de ovos de *I. panopla*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Universidade da Grande Dourados (UFGD), em condições controladas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos representando as proporções de ovos por fêmea de *T. pretiosum* de 1:1, 3:1, 5:1, 8:1 e 10:1, com 15 repetições cada. Foi observado aumento no parasitismo com maior disponibilidade de ovos, atingindo $96,60\pm 1,91\%$ na proporção 8:1 e a duração do ciclo de vida foi de $8,15\pm 0,04$ dias. A viabilidade do parasitismo foi semelhante, com média geral de $98,8\%\pm 0,83$. O número de parasitoides por ovo diminuiu com o aumento da disponibilidade de ovos, com $3,98\pm 0,16$ indivíduos por ovo ao se utilizar 8 ovos de *I. panopla*. No geral, uma fêmea de *T. pretiosum* é capaz de parasitar 8 a 10 ovos de *I. panopla* no período de 24 horas. Estas informações são importantes para a criação e utilização de *T. pretiosum* como inimigo natural de *I. panopla*.

Palavra-chave: avaliação de parasitismo; controle biológico; *Eucalyptus urograndis*; lepidópteros-praga; manejo de pragas.

BIOLOGICAL PERFORMANCE OF *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYM.: TRICHOGRAMMATIDAE) SUBJECTED TO DIFFERENT DENSITIES OF EGGS OF *Iridopsis panopla* PROUT (LEP.: GEOMETRIDAE).

ABSTRACT: *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) has been causing damage to eucalyptus plantations in Brazil. It has been observed that females of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitize eggs of *I. panopla* under field and laboratory conditions. The objective was to evaluate the biological characteristics of *T. pretiosum* at different densities of *I. panopla* eggs. The experiment was conducted at the Insect Biological Control Laboratory (LECOBIOL) of the Universidade da Grande Dourados (UFGD), under controlled conditions ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, relative humidity of $70\pm 10\%$, and a photoperiod of 14 hours). The experimental design was completely randomized, with five treatments representing the ratios of eggs per female of *T. pretiosum* as 1:1, 3:1, 5:1, 8:1, and 10:1, with 15 replicates each. An increase in parasitism was observed with higher availability of eggs, reaching $96.60\pm 1.91\%$ at the 8:1 ratio, and the duration of the life cycle was 8.15 ± 0.04 days. Parasitism viability was similar, with an overall mean of $98.8\%\pm 0.83$. The number of parasitoids per egg decreased with increasing egg availability, with 3.98 ± 0.16 individuals per egg when using 8 eggs of *I. panopla*. Overall, a female *T. pretiosum* is capable of parasitizing 8 to 10 eggs of *I. panopla* within a 24-hour period. These findings are important for the rearing and utilization of *T. pretiosum* as a natural enemy of *I. panopla*.

Key words: biological control; *Eucalyptus urograndis*; lepidopteran pests; parasitism evaluation; pest management.

1. INTRODUÇÃO

No cenário brasileiro, a área destinada à produção florestal experimenta um notável aumento, especialmente com o predomínio de espécies do gênero *Eucalyptus*. A ampliação das áreas de cultivo aprofunda o desafio produtivo, ao criar um ambiente propício ao estabelecimento de insetos-praga pela simplificação do ecossistema (DOMINGUES et al., 2022).

Iridopsis panopla Prout, (Lepidoptera: Geometridae) é um importante lepidóptero desfolhador de eucalipto. Ovos de *I. panopla* foram coletados naturalmente em plantio comercial de *Eucalyptus urograndis*, em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil (Anexo 1) (SANTOS et al., 2023). A ocorrência de *I. panopla* associada a *Thyrinteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) e seus danos, foi registrada em 181.174 hectares cultivados com eucalipto (WILCKEN et al., 2021).

Parasitoides são importantes inimigos naturais de lepidópteros, dentre eles destacam-se parasitoides de ovos, pertencentes ao gênero *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (PARRA & COELHO, 2022). *Trichogramma pretiosum* Riley, (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é o parasitoide mais estudado no Brasil e sua presença tem sido registrada em ovos de *Oxydia vesulia* (Cramer) (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto (OLIVEIRA et al., 2011), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho (*Zea mays* L.) (BESERRA; DIAS & PARRA, 2003), *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) em repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) (PEREIRA et al., 2004), *Neoleucinodes elegantalis* (Guennée) (Lepidoptera: Crambidae) (OLIVEIRA et al., 2020), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), *Tuta absoluta* (Meyrick) (PRATISSOLI et al., 2004), *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar e milho (GEREMIAS & PARRA, 2014).

A investigação da relação entre o lepidóptero desfolhador e seu inimigo natural, nesse caso o parasitoide *T. pretiosum*, é crucial para o sucesso de programas de controle biológico de *I. panopla*, dada a relevância da habilidade do parasitoide em parasitar e se desenvolver no hospedeiro. A presença de *I. panopla* em plantações comerciais de eucalipto, associada a perdas econômicas, e a identificação de *T. pretiosum* como um potencial agente de controle, ressaltam a necessidade de compreender essa interação (SANTOS et al., 2024, no prelo). Este estudo buscou avaliar o desempenho de *T. pretiosum* sob diferentes densidades de ovos de *I. panopla*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

Em junho de 2022, foram coletados espécimes de lepidópteros desfolhadores em plantio comercial de *Eucalyptos urograndis* em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul. Os adultos foram coletados com auxílio uma gaiola modelo FTF (24 x 24 cm) de tela em nylon. Após a coleta, o material foi conduzido 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, onde foram mantidos em sala climatizada à 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas.

2.2. Identificação do hospedeiro

Os adultos de lepidópteros foram coletados em gaiolas de nylon (modelo FTF3232, pragas.com, Piracicaba, São Paulo) com dimensões de 32,5 cm³ e enviados para identificação usando técnicas moleculares. Trinta e dois adultos foram submetidos à extração total de DNA genômico usando a metodologia descrita por Ferronato et al. (2019). A região do gene do citocromo oxidase 1 mitocondrial da amostra de DNA foi amplificada e sequenciada. Posteriormente, foi comparada a um banco de dados de referência (BOLD Systems, <https://www.boldsystems.org/index.php/databases>), e uma homologia de 100% foi obtida com a espécie *I. panopla*.

2.3. Desenvolvimento experimental

Os ovos de primeira oviposição (de até 24h de idade) foram retirados da gaiola com auxílio de um pincel de cerdas macias umedecidos e foram colados em cartelas de cartolina azul-celeste (0,3 x 1 cm) com goma arábica (30%), e individualizadas em tubos de vidro do tipo Durham (6 x 20 mm). Nos tubos, foi adicionado uma gotícula de mel de abelha e os mesmos tampados com plástico filme. Ao todo foram utilizadas 75 cartelas para o ensaio, com 5 tratamentos representando as proporções de ovos por fêmea de *T. pretiosum* de 1:1, 3:1, 5:1, 8:1 e 10:1, com 15 repetições cada, totalizando 405 ovos (Anexo 2).

Cada tubo recebeu uma fêmea de *T. pretiosum* com até 24 horas de idade proveniente da criação estoque do LECOBIO, a espécie foi coletada em Ivinhema, Mato Grosso do Sul (22° 20' 57" S; 53° 54' 37" W).

O contato dos parasitoides com os ovos foi permitido por 24 horas em sala climatizada à 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas. Ao final desse período, as fêmeas de *T. pretiosum* foram descartadas. As características avaliadas foram: Duração do ciclo de vida (ovo-adulto), porcentagem de parasitismo $[(n^\circ \text{ de ovos escuros} / n^\circ \text{ total de ovos}) \times 100]$, número de ovos parasitados, porcentagem de emergência $[(n^\circ \text{ de ovos com orifício} / n^\circ \text{ de ovos escuros}) \times 100]$, número de indivíduos por ovo, razão sexual $[(rs = n^\circ \text{ de fêmeas} / n^\circ \text{ total})]$ e longevidade dos descendentes.

2.4. Análise estatística

O experimento foi implantado em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 15 repetições. O número de ovos de *I. panopla* parasitados e o número de *T. pretiosum* emergidos foram analisadas usando análise de regressão. A equação de melhor ajuste foi selecionada com base nos coeficientes significativos, coeficiente de determinação (R^2), significância dos coeficientes de regressão (β_i) e no teste de F de regressão ($p \leq 0,05$), e verificou-se ser apropriada para o fenômeno biológico estudado.

3. RESULTADOS

A quantidade de ovos de *I. panopla* disponíveis influenciou o número de ovos parasitados por *T. pretiosum*, com média geral de $80,4 \pm 9,29\%$ de parasitismo e um aumento linear na quantidade de ovos parasitados (Figura 4). Quando oferecidos 8 ovos, as fêmeas de *T. pretiosum*, na média, parasitaram $7,73 \pm 0,15$ ovos, representando parasitismo de $96,67 \pm 1,91\%$.

A disponibilidade de ovos de *I. panopla* afetou a duração do ciclo (ovo-adulto) de *T. pretiosum* (Tabela 1). Houve uma tendência de redução no ciclo de desenvolvimento com o aumento da disponibilidade de ovos de *I. panopla* (Tabela 1). Enquanto a porcentagem de emergência (Tabela 1) se manteve constante com média geral de $98,8 \pm 0,83\%$.

O número de *T. pretiosum* por ovo diminuiu de forma linear com a quantidade de ovos de *I. panopla* disponíveis (Figura 5). A emergência de *T. pretiosum* por ovo de *I. panopla* foi $4,15 \pm 0,14$.

A razão sexual entre os tratamentos foi de $0,69 \pm 0,02$, com valores variando de $0,61 \pm 0,07$ no tratamento com um ovo de *I. panopla* a $0,82 \pm 0,02$ no tratamento com dez ovos. A longevidade de machos e de fêmeas de *T. pretiosum* emergidos de ovos de *I. panopla* foi semelhante. A longevidade das fêmeas foi de $9,18 \pm 0,48$ dias, enquanto a dos machos foi de $7,45 \pm 0,51$ dias (Tabela 1).

4. DISCUSSÃO

O estudo do desempenho de *T. pretiosum* em diferentes densidades de ovos de *I. panopla* é uma etapa preliminar para a compreensão da dinâmica desse parasitoide em ovos de *I. panopla*. Esses resultados contribuem para aprofundar o conhecimento sobre o uso de *T. pretiosum* no controle de *I. panopla* em plantações de eucalipto, possibilitando a realização de mais experimentos em laboratório e melhorar a estimativa de parasitoides a serem liberadas em campo.

Trichogramma pretiosum demonstrou alto índice de parasitismo em ovos de *I. panopla* quando oferecidos em densidades de 8 ovos por fêmea em 24 horas. Por outro lado, *T. pretiosum* não parasita os ovos do principal desfolhador do eucalipto, *T. arnobia*, devido provavelmente à presença de substâncias tóxicas nos ovos (VIANNA et al., 2006), ao contrário do observado com *I. panopla*.

A menor variação nos resultados de parasitismo na densidade de 8 ovos sugere uma resposta mais consistente do *T. pretiosum* a essa densidade específica de ovos. O parasitismo de *T. pretiosum* pode ser influenciado pelo hospedeiro, quantidade de ovos disponível e pelas características intrínsecas dos ovos, como a qualidade nutricional e a espessura do córion (POLTRONIERI et al., 2014). Em termos de preferência, *T. pretiosum* demonstra maior taxa de parasitismo de ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) $21,2\% \pm 2,65\%$ (6,36 a 7,95 ovos) em comparação com *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) $2,4\% \pm 1,17\%$ (0,71 a 1,07 ovos) durante 24 horas (POLTRONIERI et al., 2014).

O crescimento linear do número de ovos parasitados por *T. pretiosum* com o aumento da densidade de ovos de *I. panopla* confirma a aceitabilidade desse hospedeiro. Os dados observados indicam que ao oferecer 8 ovos, alcança-se uma estabilidade no parasitismo, com menos variação em 24 horas. Estudos anteriores têm demonstrado variações significativas no número de ovos parasitados por de *T. pretiosum* em diferentes espécies de lepidópteros. Pratisoli et al. (2004) avaliou a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *Plutella xylostella* (Lineau) (Lepidoptera: Plutellidae) em diferentes temperaturas, a 25 °C o *T. pretiosum* foi capaz de parasitar 16 ovos de *P. xylostella*, resultados confirmados por Pereira (2004) que constatou valores próximos, uma média de 15,6 ovos de *P. xylostella* parasitados por *T. pretiosum* no mesmo intervalo de tempo. A adaptabilidade desse parasitoide às espécies hospedeiras e condições ambientais evidenciam seu potencial como ferramenta de controle biológico, especialmente contra *I. panopla*.

A disponibilidade de ovos de *I. panopla* não teve impacto significativo na duração do ciclo de desenvolvimento, desde o estágio de ovo até a fase adulta, bem como na viabilidade do parasitismo. Esta consistência nas medidas de sobrevivência e emergência indicam a adaptabilidade do *T. pretiosum* a diferente quantidade de ovos disponíveis. Essa habilidade de se ajustar às condições disponíveis garante que o sucesso reprodutivo do parasitoide (PEREIRA et al., 2021), independentemente da oferta de ovos de seu hospedeiro.

A relação inversa entre a disponibilidade de ovos de *I. panopla* e o número de *T. pretiosum* por ovo indica uma taxa de emergência mais alta em condições de escassez ou estresse, evidenciando uma adaptação para otimizar o uso dos recursos disponíveis. Nava, Takahashi e Parra (2007) observaram baixa variação no número de parasitoides por ovo (variação de 1 a 1,2) ao avaliar 8 linhagens de *T. pretiosum* em ovos de *Stenomacrus catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae). Em outra pesquisa realizada por Coutinho et al. (2021) em ovos de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), constatou-se que o número de *T. pretiosum* emergidos por ovo foi sempre de 1, independentemente da temperatura investigada, incluindo 25 °C. Em um estudo de Oliveira et al. (2011) sobre o parasitismo de *T. pretiosum* e *Trichogramma acacioi* Brun, Moraes & Soares (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em *O. vesulia*, um lepidóptero desfolhador de eucalipto, foi constatado que *T. pretiosum* não parasitou os ovos, enquanto *T. acacioi* parasitou e produziu em média $3,01 \pm 0,07$ indivíduos por ovo. Essas diferenças foram atribuídas às particularidades das espécies e hospedeiros, bem como a capacidade adaptativa do parasitoide e ao volume do

hospedeiro, uma vez que ovos hospedeiros de maior tamanho tendem a conter uma maior quantidade de nutrientes disponíveis, indicando que, em condições ideais, apenas um indivíduo emerge por ovo.

A razão sexual de *T. pretiosum* manteve-se constante, independentemente do aumento na disponibilidade de ovos de *I. panopla*. Essa resposta sugere uma adaptação estratégica dos parasitoides em relação à disponibilidade de recursos, podendo influenciar a dinâmica populacional e a eficiência do controle biológico, já que são as fêmeas que parasitam. Junior et al. (2021) demonstrou que, ao submeter *T. pretiosum* ao hospedeiro *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) sob estresse de temperatura (33 °C) por 15 gerações sucessivas, houve um aumento significativo na emergência de fêmeas saindo de 0.61 ± 0.04 a 0.78 ± 0.03 da geração F1 para geração F15 respectivamente.

Ao somar a quantidade de ovos parasitados em 24h com a emergência de indivíduos por ovo, chegamos à quantidade de 34,5 de indivíduos de *T. pretiosum* quando oferecidos 8 ovos. A longevidade da progênie de *T. pretiosum*, não foram afetadas nas proporções estudadas. Este aspecto é crucial, uma vez que a longevidade está diretamente ligada à eficácia na busca por hospedeiros no campo.

A habilidade de *T. pretiosum* em parasitar e se desenvolver em ovos de *I. panopla* com ótimo desempenho biológico foi evidente. Esses resultados não apenas estabelecem uma base essencial para investigações futuras sobre essa praga, mas também oferecem parâmetros, como o parasitismo, para fundamentar as estratégias de controle biológico no manejo de *I. panopla* em eucalipto.

5. CONCLUSÃO

Uma fêmea de *T. pretiosum* é capaz de parasitar até 10 ovos de *I. panopla*, obtendo com 8 ovos o parasitismo mais estável no período de 24 horas. Estas informações são importantes utilização de *T. pretiosum* como inimigo natural de *I. panopla*.

6. REFERÊNCIAS

- BESERRA, E. B.; DIAS, C. T. S.; PARRA, J. R. P. Características biológicas de linhagens de *Trichogramma pretiosum* desenvolvidas em ovos de *Spodoptera frugiperda*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 479-483, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.2060>
- COUTINHO, C. R.; SOUZA, S. A. D.; PONTES, A. D. D. S.; GODOY, M. S. D.; PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L. Thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) lines in *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 47, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.8548>
- DOMINGUES, M. M.; SANTOS, P. L.; GÊA, B. C.; CARVALHO, V. R.; OLIVEIRA, F. N.; SOLIMAN, E. P.; WILCKEN, C. F. *Cordyceps cateniannulata* and *Cordyceps javanica*: first report of pathogenicity to *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Aphalaridae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211566>
- FERRONATO, P., WOCH, A. L., SOARES, P. L., BERNARDI, D., BOTTON, M., ANDREAZZA, F., & CORRÊA, A. S. (2019). A phylogeographic approach to the *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) invasion in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 425-433, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy321>
- GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. P. Dispersal of *Trichogramma galloi* in corn for the control of *Diatraea saccharalis*. **Biocontrol Science and Technology**, v.24, n. 7, p. 751-762, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2014.891723>
- JUNIOR, L. M. A.; ZAGO, H. B.; DAMASCENA, A. P.; FARIA, L. V.; PEREIRA, A. G.; MADALON, F. Z.; PRATISSOLI, D. Biological characteristics of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under temperature stress by successive generations. **Acta Brasiliensis**, v. 5, n. 2, p. 72-75, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22571/2526-4338484>
- NAVA, D. E.; TAKAHASHI, K. M.; PARRA, J. R. P. Linhagens de *Trichogramma* e *Trichogrammatoidea* para controle de *Stenoma catenifer*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 9-16, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000100002>
- OLIVEIRA, H. N.; ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, F. F.; PRATISSOLI, D. *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species as an agents of biological control of *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 37, n. 2, p. 238-239, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13010105>
- OLIVEIRA, R. C. M.; PASTORI, P. L.; COUTINHO, C. R.; OLIVEIRA, S. J.; AGUIAR, C. V. S. Natural parasitism of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs on tomato (Solanales: Solanaceae)

in the Northeast region, **Brazil. Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p. 474-475, 2020. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.206676>

PARRA, J. R. P.; COELHO Jr, A. Insect rearing techniques for biological control programs, a component of sustainable agriculture in Brazil. **Insects**, v. 13, n. 1, p. 105, 2022.

PASTORI, P. L.; MONTEIRO, L. B.; BOTTON, M.; PRATISSOLI, D. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) sob diferentes temperaturas. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 926-931, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000600015>

PEREIRA, F.F.; BARROS, R.; PRATISSOLI, D. Performance of *Trichogramma pretiosum* Riley and *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submitted to the eggs different densities of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Ciência Rural**, v. 34, p. 1669–1674, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600001>

PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L.; KASSAB, S. O.; TORRES, J. B.; CARDOSO, C. R. G.; FERNANDES, W. C.; DINIZ, A. J. F.; ZANUNCIO, J. C. Densidade do parasitoide e do hospedeiro, (2021). In.: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (ed.) **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura Brasileira**. Piracicaba, São Paulo, Brasil, FEALQ, p. 317-361, 2021.

POLTRONIERI, A. S.; FERNANDES, W. C.; SCHUBER, J. M.; PASTORI, P. L. Preferência de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submetido a dois hospedeiros naturais. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 272-276, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000400017>

PRATISSOLI, D.; PEREIRA, F. F.; BARROS, R.; PARRA, J. R.; PEREIRA, C. L. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos da traça-das-crucíferas sob diferentes temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 754-757, 2004.

SANTOS, F. H. M.; PEREIRA, F. F.; CARDOSO, C.; ARAÚJO, H. M.; SILVA, C. P. D.; WILCKEN, C.; RAMOS, L. F. N. Biological performance of *Trichogramma pretiosum* with different egg densities of *Iridopsis panopla*. In.: **Anais IUFRO WP 7.02.13 and 7.02.03 meeting**, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/secondiufrowpmeeting/papers?lang=en>

SANTOS, F. H. M.; PEREIRA, F. F.; CARDOSO, C. R. G.; Lucchetta, J. T.; SANTOS, J. P.; RODRIGUES, G. B.; DIAS, L.S.; SILVA, N. N. P.; WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A. First record of *Trichogramma pretiosum* parasitizing eggs of *Iridopsis panopla* in eucalyptus in Brazil. **Florida Entomologist**, 2024, no prelo.

VIANNA, U. R.; SAITO, N. S.; HOLTZ, A. M.; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A. Can the *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) embryo protect the *Trichogramma* spp. parasitism? **Idesia (Arica)**, v. 24, p. 65-67, 2006.

WILCKEN, C. F.; SANTOS, F. A. E.; PEREIRA, F. F. **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, São Paulo, Brazil. 11 pp. 2021. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2022.10>

Tabela 1. Médias ($\pm$ erro padrão) das características biológicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submetido a 5 densidades de ovos de *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas).

Características biológicas	<i>T. pretiosum</i> : densidades de ovos de <i>I. panopla</i>						
	1:1	1:3	1:5	1:8	1:10	MG $\pm$ EP	
Duração do ciclo de vida (ovo-adulto) (Dias)	8,60 $\pm$ 0,16	8,21 $\pm$ 0,11	8,08 $\pm$ 0,08	8,00 $\pm$ 0,00	8,0 $\pm$ 0,00	8,18$\pm$0,10	ns
Emergência (%)	100,0 $\pm$ 0,00	96,4 $\pm$ 3,57	100,0 $\pm$ 0,00	100,0 $\pm$ 0,00	97,9 $\pm$ 0,00	98,8$\pm$0,83	ns
Razão sexual	0,61 $\pm$ 0,07	0,68 $\pm$ 0,02	0,61 $\pm$ 0,08	0,71 $\pm$ 0,05	0,82 $\pm$ 0,02	0,69$\pm$0,02	ns
Longevidade de machos (Dias)	5,75 $\pm$ 0,86	6,00 $\pm$ 0,40	6,75 $\pm$ 0,75	8,75 $\pm$ 0,64	9,67 $\pm$ 3,52	7,45$\pm$0,51	ns
Longevidade de fêmeas (Dias)	9,70 $\pm$ 0,73	7,70 $\pm$ 0,97	7,00 $\pm$ 0,39	10,56 $\pm$ 1,76	10,57 $\pm$ 0,91	9,18$\pm$0,48	ns

n.s.= Não significativo ($p > 0,05$). Duração do ciclo de vida (ovo-adulto) (Dias), viabilidade do parasitismo (%), razão sexual, longevidade de machos e fêmeas (dias).

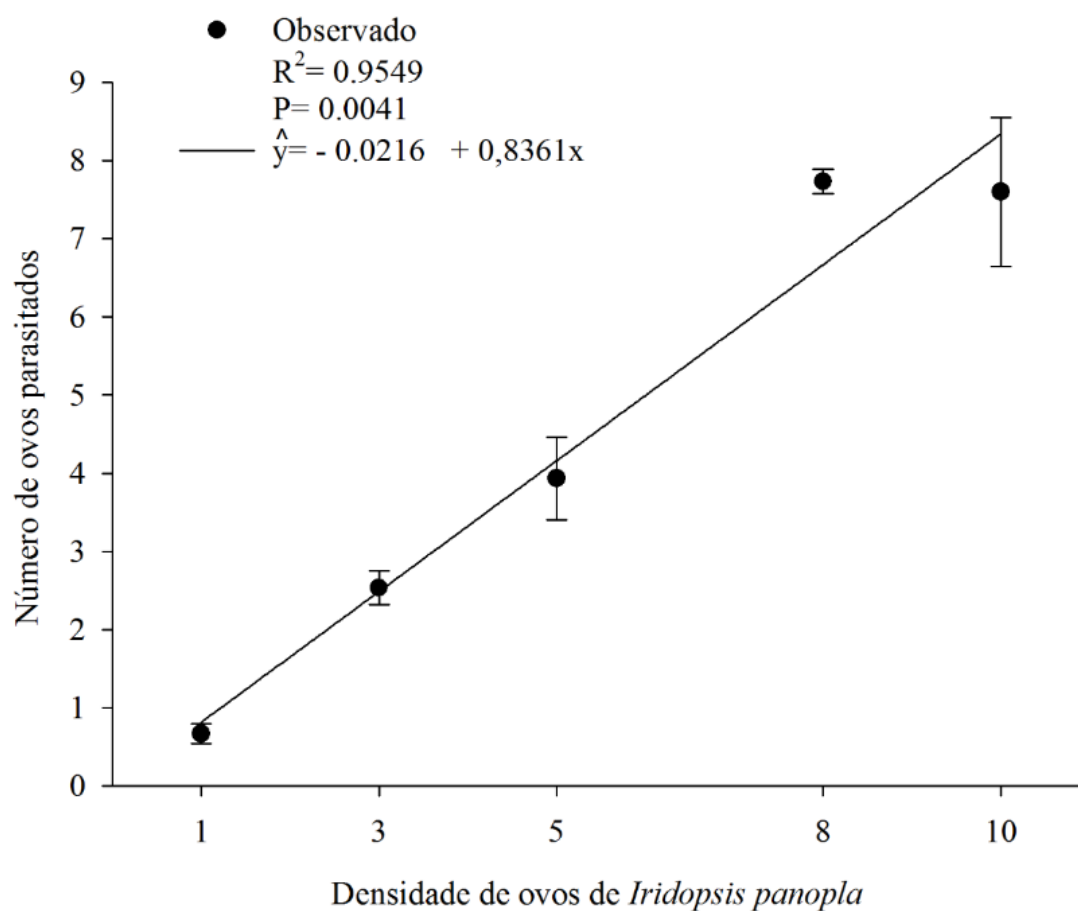


Figura 4. Número de ovos de *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) parasitados em função da densidade oferecidas ao *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas).

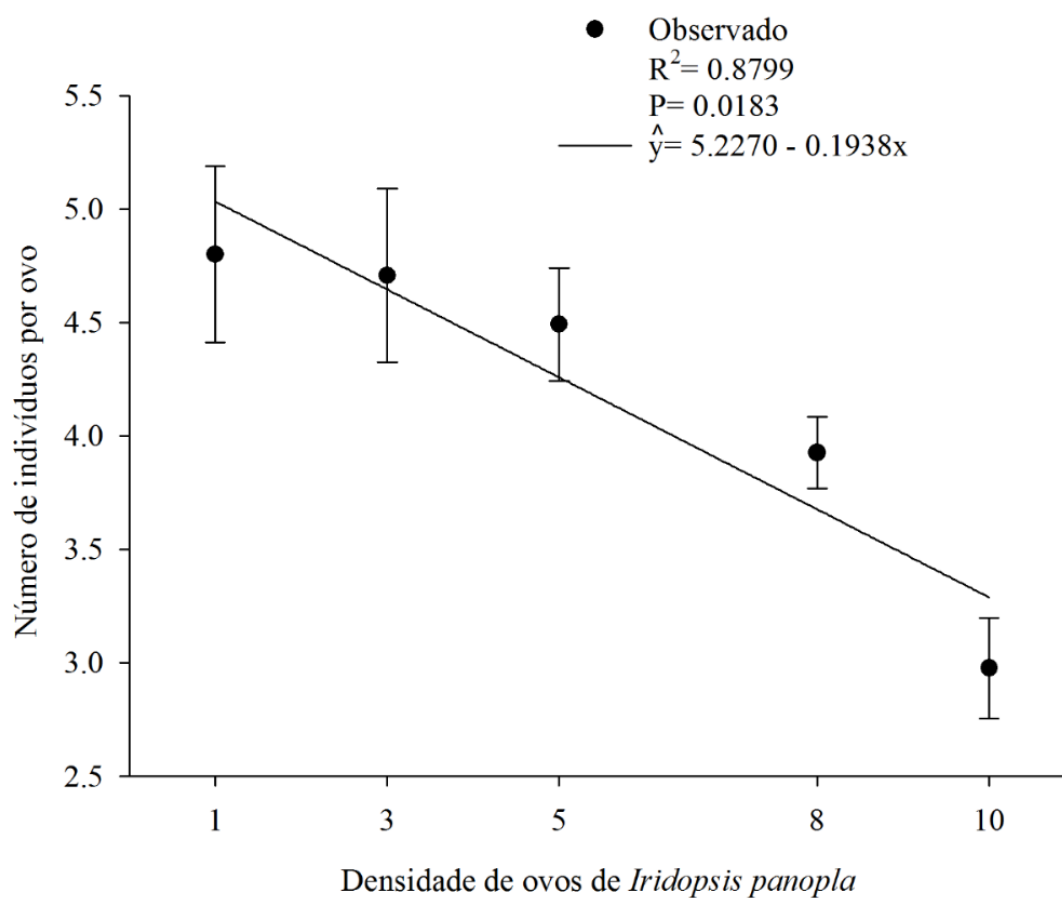


Figura 5. Número de *Trichorgamma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) emergidos em função da densidade de ovos de *Iridopsis panopla* Prout (Lepidoptera: Geometridae) (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas).

IV. CAPÍTULO

OTIMIZAÇÃO DO CUSTO E EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE *Trichogramma* spp.

RESUMO: Com a perspectiva de triplicar o mercado biológico até 2030 no Brasil, aumentar a capacidade produtiva de bioinsumos é um desafio. Por meio do método de custeio por absorção e variável, esse estudo aborda os vários parâmetros produção e qualidade na produção de *Trichogramma* spp. já observados na literatura. Esse trabalho destaca a importância dos Custos variáveis, como estão relacionados com a produtividade das dietas para produção de *Ephestia kuehniella*, aos processos de fabricação e as embalagens. Nestes parâmetros de custo, a produtividade de 19,56 g de ovos de *E. kuehniella* por kg de dieta preparada reduz em 16,1% o custo de produção, também foram identificados 20 processos de fabricação que precisam ser otimizados e automatizados. As embalagens são 23,6% dos custos e é indispensável para proteção das pupas *Trichogramma* spp. evitando choque térmico e predação. Produzir ovos inviáveis para a venda é uma alternativa lucrativa. Outro destaque deste trabalho é a adequação da quantidade a produzir *Trichogramma* spp. de acordo o parasitismo e a viabilidade do parasitismo *E. kuehniella* através da correção (Fator de ajuste), e seu consequente aumento no risco do empreendimento. A análise gerencial através do custeio por absorção e custeio variável destacam os possíveis gargalos e escala necessária de produção de *Trichogramma* spp.

Palavras-chave: Biofábrica; Controle biológico; Custo de produção; Custeio Variável; Produção de *Ephestia kuehniella*; Custo-Volume-Lucro.

COST OPTIMIZATION AND EFFICIENCY IN THE PRODUCTION OF *Trichogramma* spp.

ABSTRACT: With the prospect of tripling the biological market by 2030 in Brazil, increasing the production capacity of bioinputs is a challenge. Through the absorption and variable costing method, this study addresses various production and quality parameters in the production of *Trichogramma* spp. already observed in the literature. This work highlights the importance of variable costs, as they are related to the productivity of diets for *Ephestia kuehniella* production, manufacturing processes, and packaging. In these cost parameters, the productivity of 19.56 g of *E. kuehniella* eggs per kg of prepared diet reduces production costs by 16.1%. Additionally, 20 manufacturing processes that need to be optimized and automated were identified. Packaging accounts for 23.6% of costs and is indispensable for protecting *Trichogramma* spp. pupae, avoiding thermal shock and predation. Producing inviable eggs for sale is a profitable alternative. Another highlight of this work is the adjustment of the quantity to produce *Trichogramma* spp. according to parasitism and the viability of *E. kuehniella* parasitism through correction (Adjustment Factor), and its consequent increase in enterprise risk. Managerial analysis through absorption costing and variable costing highlight the possible bottlenecks and necessary scale of *Trichogramma* spp. production.

Key Words: Biofactory; Biological control; Production cost; Variable costing; *Ephestia kuehniella* production; Cost-Volume-Profit.

1. INTRODUÇÃO

A ferramenta de controle biológico se destaca como abordagem eficiente para reduzir a densidade populacional de pragas que afetam as principais culturas agrícolas (LENTEREN, 2012). O uso de organismos como inimigos naturais para controlar pragas tem se mostrado promissor, e um exemplo amplamente estudado e empregado é o parasitoide do gênero *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (OLIVEIRA et al., 2005). Esse microhimenóptero, com cerca de 0,7 mm de comprimento (VIEIRA; QUERINO & ZUCCHI, 2014), atua como parasitoide de ovos, especialmente de espécies pertencentes à Ordem Lepidoptera e pragas das culturas agrícolas e florestal (SMITH, 1996). Ao parasitar os ovos, fêmeas de *Trichogramma* interrompem a emergência das lagartas, minimizando os danos causados às plantações.

Para viabilizar a produção em larga escala do parasitoide *Trichogramma* spp., é crucial garantir a disponibilidade de ovos provenientes de um hospedeiro adequado. Um dos hospedeiros alternativos amplamente utilizados é a *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), popularmente conhecida como traça-da-farinha (PRATISSOLI et al., 2010). A obtenção de ovos desse hospedeiro é essencial para manter o ciclo de desenvolvimento do *Trichogramma* spp., garantindo a disponibilidade de indivíduos.

A fim de avaliar a viabilidade econômica da produção em larga escala do parasitoide *Trichogramma* spp., diversos estudos de custos foram realizados por Cruz; Figueiredo & Matoso (1999), Tavares (2010), Gouvea et al. (2014) e Lopes, Paixão & Cruz (2018), demonstrando a viabilidade da produção. A análise de viabilidade econômica é uma avaliação abrangente que considera diversos aspectos financeiros, tais como custos, receitas, retorno sobre o investimento, período de recuperação do investimento, lucratividade e riscos envolvidos.

No contexto da gestão estratégica, é frequente o uso de um ou mais sistemas de custeio, os sistemas têm por objetivos mensurar os custos de produtos, avaliar estoques e avaliar resultados operacionais (SOUZA & CLEMENTE, 2011). Destaca-se dentre esses sistemas a análise de custeio por absorção e o custeio variável.

O custeio por absorção é o método recomendado pela legislação brasileira, e mais utilizado para monitorar a eficiência dos processos em termos de volume, tempo e custos (SOUZA & CLEMENTE, 2011). Nesse método, os custos de produção devem refletir a

passagem da matéria prima pelo sistema produtivo até o produto acabado e, nessa passagem, vai absorvendo recursos, e gerando custos diretos e indiretos de produção (SOUZA & CLEMENTE, 2011).

A análise de Custeio Variável separa os custos em duas categorias, sendo: Custos fixos e variáveis. Os custos variáveis mudam conforme a produção, enquanto os custos fixos permanecem constantes, ou são poucos afetados (SOUZA & CLEMENTE, 2011; SOUZA; SCHNORR & FERREIRA, 2011). Esse modelo pressupõe que, para funcionar, a empresa já está comprometida com os custos fixos. Essa abordagem é especialmente útil nas tomadas de decisão de curto prazo, onde os custos variáveis são relevantes e os custos fixos não são, pois a longo prazo todos os custos são variáveis (BORNIA, 2010).

A análise de custo-volume-lucro é frequentemente utilizada junto ao custeio variável (SOUZA; SCHNORR & FERREIRA, 2011). Essa técnica avalia a relação entre os custos, o volume de produção e as receitas, permitindo determinar o ponto de equilíbrio, a margem de contribuição e o lucro em diferentes cenários de produção (BORNIA, 2010; COLPO et al., 2015).

A divisão entre custos fixos e variáveis tem impacto significativo na análise de custo-volume-lucro. A correta identificação dos custos fixos é fundamental para determinar o ponto de equilíbrio, ou seja, o volume necessário para cobrir todos os custos e apartir daí atingir o lucro desejado (BORNIA, 2010). E a análise da margem de contribuição, que é a diferença entre as receitas e os custos variáveis, ajuda a entender a rentabilidade de diferentes produtos ou serviços (MARTINS, 2010).

Além disso, é fundamental abordar a gestão do inventário de materiais e os processos de fabricação na biofábrica de produção do *Trichogramma* spp. O inventário de materiais envolve o registro e o controle adequado dos recursos utilizados, como substâncias nutritivas, substratos, embalagens e outros insumos necessários a produção. Já os processos de fabricação referem-se às etapas e procedimentos envolvidos na produção dos parasitoides, desde a seleção dos hospedeiros até a liberação dos *Trichogramma* spp. no campo (PEREIRA et al., 2021). A análise aprofundada desses aspectos contribui na compreensão da estrutura de custos e o estabelecimento de estratégias eficientes para otimizar a produção e reduzir desperdícios.

Nesse contexto, o objetivo foi analisar os custos de uma biofábrica para produção de *Trichogramma* spp., empregando as metodologias de Custeio por Absorção Integral e Custeio Variável, visando à otimização dos recursos e do processo produtivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

Os dados de produção foram estimados a partir de levantamentos reais de produção no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL), da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados (Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil) (22° 11'56,56" S, 54° 56' 1,396" W). O custo do grama de ovos parasitados foi baseado na produção mensal de *Trichogramma* spp. para aplicação em 9 mil hectares na densidade de 100 mil parasitoides por hectare, sendo essa escala viável (Cruz; Figueiredo & Matoso, 1999; Tavares, 2010; Gouvea et al., 2014; e Lopes, Paixão & Cruz, 2018). Para a determinação do custo do grama de ovos parasitados, foi considerado que um grama contém aproximadamente 36 mil ovos de *E. kuehniella* (PARRA, 1997).

2.2. Orçamentos e sistemas de custeios

Os orçamentos foram baseados em preços correntes considerando fevereiro de 2022, como referência e, taxa básica de juros da economia (Selic) de 10,65% e Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de 10,54%.

No escopo desta pesquisa, empregou-se a abordagem dos sistemas de Custeio por Absorção e Custeio Variável, mais especificamente utilizando a técnica de Custo-Volume-Lucro (CVL) e Ponto de Equilíbrio Econômico. Nestas análises, cada produto foi examinado de maneira individualizada, abrangendo um único produto por período. Foram alvo da análise, três produtos específicos: a venda de *Trichogramma* spp., considerando diferentes produtividades de ovos hospedeiros em diferentes dietas; a venda de *Trichogramma* spp. com ajuste quantitativo conforme a expectativa de parasitismo e viabilidade e a comercialização de ovos inviabilizados de *E. kuehniella*.

Na perspectiva do sistema de Custeio por Absorção, a partir do conceito de custo de produção delineado na literatura (BORNIA, 2010; SOUZA & CLEMENTE, 2011), compreendem-se que todos os recursos consumidos, direta ou indiretamente, gastos na transformação da matéria-prima em produto final, integrem o custo do produto. Neste estudo,

o custo de produção é denominado Custo Total do mês (CTmês) e é calculado por meio da seguinte equação:

$$CT_{mês} = CIP + CDP$$

Onde CIP é os Custos indiretos de produção e o CDP é o Custo direto de produção.

Nos Custos indiretos de produção foram inclusos, genericamente, as despesas e investimentos que não estão diretamente relacionados à produção do produto, porém, necessários a produção do mesmo (Tabela 2).

Os Custos indiretos de produção foram subdivididos em Custos fixos (CF) e Custos variáveis (CV). Para a classificação como custos fixos, foram considerados os recursos que possuem duração superior a um ciclo de produção de 30 dias, incluindo material permanente, que têm vida útil superior a 12 meses. A determinação dos dias úteis levou em conta tanto a durabilidade dos itens e a conveniência de compra e substituição desses insumos, visando a abordagem eficiente e sustentável em relação ao gerenciamento dos custos.

Os custos fixos foram calculados pela seguinte equação:

$$CF = \frac{Ca \times d}{v}$$

Onde Ca é o custo alternativo, d depreciação e v é vida útil.

O custo alternativo (Ca) ou custo de oportunidade foi calculado com base no valor total do item ($\text{valor orçado} \times \text{quantidade}$) mais a renda que esse capital geraria em outra aplicação, neste trabalho, foi utilizado o rendimento da poupança em fevereiro de 2022 (6,17% a.a. mais a taxa referencial de 0,00%) e a depreciação foi o ($\text{valor total do item orçado} / \text{vida útil}$) foram desconsiderados os valores residuais ou de sucata.

Nos custos variáveis foram considerados os recursos utilizados com duração inferior a um ciclo de produção (30 dias) e foram calculados a partir da seguinte equação: $CV = (\text{Valor orçado} \times \text{quantidade})$.

Para calcular o custo de produção de *Trichogramma* spp. por hectare foi utilizada a seguinte equação:

$$C_{ha} = \frac{D_{aplic} \times CT_{mês}}{36.000 \times Ovos_g}$$

Onde C_{ha} é o custo de *Trichogramma* spp. por hectare, D_{aplic} é a densidade de aplicação, $CT_{mês}$ é o Custo total do mês e $Ovos_g$ é a quantidade total necessárias de ovos de *E. kuehniella* em gramas.

No cálculo foi considerado o preço de mercado de R\$ 30,00 por 100 mil parasitoide e R\$ 7,00 por grama de ovos inviáveis. Abrangência do projeto foi de 20 anos.

E, por fim, o cálculo do Custo total do mês, considerou-se o Custo direto de produção (CDP), que abrange o material direto (MD), Mão de obra direta (MOD) e frete de material direto (FMD). Esses custos foram subdivididos em Custos Fixos e Custos Variáveis, utilizando a metodologia de cálculo previamente mencionada. Para a devida alocação dos recursos, os orçamentos foram divididos em três setores produtivos distintos: Produção do hospedeiro, manutenção dos parasitoides e controle de qualidade e produção de parasitoides para a venda.

2.3. Setor de produção do hospedeiro

No setor de produção do hospedeiro, foi adotado o uso do hospedeiro alternativo *E. kuehniella*. Para sua produção, utilizou-se uma dieta artificial composta por 97% de trigo, 3% de levedo de cerveja e 0,150 g de ovos de *E. kuehniella* (PARRA & ZUCCHI, 1997). A produtividade média alcançada foi de 5,81 g de ovos por quilo de dieta preparada.

A produção do hospedeiro, foram empregados sete processos distintos, incluindo a confecção das caixas de dietas, a fabricação das gaiolas de oviposição, a montagem das dietas, a transferência das mariposas das dietas para as gaiolas de oviposição, a extração e limpeza dos ovos das gaiolas, a pesagem dos ovos limpos e o armazenamento dos ovos. A tabela 3 apresenta detalhadamente os recursos utilizados na produção do hospedeiro.

2.4. Setor de manutenção dos parasitoides e controle de qualidade

No setor de manutenção dos parasitoides e controle de qualidade, foram realizadas a manutenção e preservação de quatro espécies de parasitoides pertencentes à família Trichogrammatidae. Cada espécie foi mantida em 24 repetições, distribuídas em três datas de emergência, e dois ambientes distintos (dentro e fora da câmara B.O.D) para prevenir possíveis perdas.

Foram empregados seis processos distintos para garantir a eficiência e a qualidade. Esses processos incluíram a avaliação da necessidade de substituição de recipientes de criação antigos e a confecção de cartelas com ovos, a exposição dos ovos à luz U.V. por 45 minutos, a fabricação de novos recipientes de criação, a substituição dos recipientes e a disponibilização

das cartelas com ovos inviáveis aos parasitoides (Tabela 4). No controle de qualidade foram considerados testes laboratoriais na avaliação das características biológicas dos lotes de parasitoides vendidos (Tabela 4).

2.5. Setor de produção de parasitoides para venda

No setor de Produção de parasitoides para venda, foram empregados sete processos distintos. Esses processos incluíram a repicagem dos ovos em cartelas, a exposição dos ovos à luz U.V. por 45 minutos para inviabilizar o embrião, confecções de bandejas para o parasitismo em grande quantidade, a oferta de ovos inviabilizados aos parasitoides, retirada de amostra para controle de qualidade, o embalamento dos parasitoides e o envio dos mesmos ao comprador (Tabela 5).

Para uma análise mais detalhada dos custos, foram consideradas diferentes produtividades de ovos de *E. kuehniella* para a liberação de 9 mil hectares (Figura 6). Essas produtividades foram definidas como 5, 7, 10, 15 e 20 gramas por quilograma de dieta preparada. O cálculo do lucro foi realizado com base em R\$ 30,00 por 100 mil parasitoides.

Também foi explorada como opção alternativa de comércio a venda de ovos inviabilizados, mas não parasitados. O custo dos ovos inviáveis de *E. kuehniella* (COi_g) foi calculado utilizando a seguinte equação:

$$COi_g = \frac{CT_{mês}}{Ovos_g}$$

2.6. Fator de ajuste quantitativo

Para garantir a qualidade exigida de parasitismo (80%) e viabilidade do parasitismo (85%) (ALMEIDA, 2020), foi adotado o Fator de ajuste (F_a) calculado pela equação:

$$F_a = \frac{1}{P \times VP}$$

Onde P é a % de parasitismo e VP é a % de viabilidade do parasitismo, neste trabalho foi adotado o fator de ajuste de $F_a = 1,48$ para ajustar a quantidade.

Para estimar a quantidade de gramas de ovos necessários usando o Fator de ajuste, foi utilizado a seguinte equação:

$$Ovos_g = \frac{Q_{ha} \times D_{aplic} \times F_a}{36.000}$$

Onde Q_{ha} é a quantidade de hectare, D_{aplic} é a densidade de aplicação.

A análise de Custeio Variável, que consiste em atribuir aos produtos apenas os custos totalmente variáveis, e os demais custos ficam associados ao resultado do período (BORNIA, 2010; SOUZA & CLEMENTE, 2011).

2.7. Análise de Custo-Volume-Lucro (CVL)

Associado ao método do Custeio variável, no auxílio para a tomada de decisão de curto prazo, a relação entre o lucro, as quantidades a serem vendidas e os custos envolvidos, utilizou-se a análise de Custo-Volume-Lucro (CVL). Para esta análise, foram utilizadas as seguintes equações (BORNIA, 2010):

$$M_c = p - CV_{uni}$$

$$R_c = \left(\frac{M_c}{p} \right)$$

Onde M_c é a Margem de contribuição unitária, p é o preço, CV_{uni} é o custo variável unitário e R_c é a Razão de contribuição.

2.8. Análise do Ponto de equilíbrio econômico

Foi calculado o Ponto de equilíbrio econômico, que representa a quantidade necessária de produtos a serem produzidos e vendidos para cobrir os custos e despesas fixas, além de cobrir o custo de oportunidade do capital investido (BORNIA, 2010). As equações utilizadas foram (BORNIA, 2010):

$$Q_0 = \frac{CF}{M_c} \quad R_0 = \frac{CF}{R_c}$$

Onde Q_0 é o ponto de equilíbrio entre em unidades físicas e R_0 é ponto de equilíbrio em unidades monetárias.

3. RESULTADOS

O aporte inicial de recursos na aquisição de materiais permanentes é de R\$ 2.197.404,54, incluindo a compra de um galpão de 720 m² ao custo de R\$ 1.520.013,60 e a taxa de registro de *Trichogramma* spp. no valor de R\$ 20.730,00 (LOPES, PAIXÃO & CRUZ, 2018).

Para a produção de *Trichogramma* spp., foi considerada a hipótese de liberação dos parasitoides em uma área de 9 mil hectares, com densidade de 100 mil *Trichogramma* spp. por hectare. Nesse contexto, são necessários 29.050 g de ovos de *E. kuehniella* para obter a quantidade de 25.000 g de ovos destinados ao parasitismo pelo *Trichogramma* spp. Os custos associados a esse processo estão detalhados na tabela 6.

Para produção de *Trichogramma* spp. foram considerados tanto os custos indiretos quanto os custos diretos de produção. O custo direto engloba os custos de produção do hospedeiro, manutenção dos parasitoides e controle de qualidade, além do custo associado à produção dos parasitoides destinados à comercialização.

O custo total do mês foi de R\$ 205.675,05, considerando o preço de mercado de R\$ 30,00 por hectare, a receita total foi de R\$ 270.000,00, gerando um lucro de R\$ 64.324,95. O custo foi de R\$ 22,85 e o lucro de R\$ 7,14 por hectare.

Os custos variáveis representam 68,6% do custo total do mês. Desses, 44,8% refere-se aos custos indiretos de produção. Por sua vez, esses custos indiretos correspondem a 50,9% do custo total do mês.

A outra parcela do custo total do mês é composta pelos custos diretos de produção (49,1%), também com predominância dos custos variáveis. Dos custos variáveis, 30,9% referem-se à produção do hospedeiro, a qual está vinculada à produtividade das dietas (Figura 6).

A Produção do hospedeiro desempenha um papel significativo nos custos, estabelecendo uma relação direta com a produtividade das dietas. Na produtividade de atinge até 10 g de ovos de *E. kuehniella* por quilograma de dieta preparada, observa-se redução acentuada nos custos, principalmente devido ao custo direto de produção. No entanto, após esse ponto, a redução dos custos é mais moderada devido aos custos indiretos de produção, que englobam estruturas que têm pouca variação com o aumento da produtividade.

A produção de parasitoides para venda também representa parte significativa desses custos variáveis (66,8%), e são divididos basicamente entre embalagens (93,38%) (Tabela 5 e 6) e a mão de obra (6,62%).

Os dados da produtividade das dietas ajustam-se ao modelo de regressão polinomial (Figura 6). Na produtividade de 5 g de ovos por kg de dieta preparada, o custo final foi de R\$ 23,38 por hectare e com a produtividade de 19,56 g/kg de dieta preparada obteve o menor custo (R\$ 19,61).

A produção de parasitoides para venda envolveu um total de 20 processos de fabricação, dos quais 7 estavam relacionados à produção de *Trichogramma* spp., 7 estavam envolvidos na produção do hospedeiro (Tabela 3) e os restantes 6 processos estavam associados à manutenção das espécies.

Como alternativa, é possível comercializar os ovos inviáveis de *E. kuehniella*. Nessa opção 27.788,00 g de ovos inviáveis podem ser disponibilizados para venda. Os custos mensais de produção estão apresentados na tabela 7.

Na produção de ovos inviabilizados de *E. kuehniella* destinados à venda, foram considerados os custos indiretos e os custos diretos de produção. O custo total mensal foi de R\$ 156.959,08 para quantidade total de 27.788,00 g de ovos inviabilizados, resultando em um custo unitário de R\$ 5,64 por grama. Foi adotado preço de mercado de R\$ 7,00 por grama. Com isso, a receita total alcançou R\$ 194.516,00, gerando um lucro total de R\$ 37.556,94, equivalente a um lucro de R\$ 1,35 por grama.

Na produção de *Trichogramma* spp., visando garantir as quantidades necessárias, aplicou-se o fator de ajuste de 1,48, com isso, houve um aumento de 32,7% no número de ovos de *E. kuehniella* necessários para atingir os mesmos 9 mil hectares. Sem o fator de ajuste, a produção necessária é de 29.050 g para alcançar as 25.000 g (9 mil hectares), enquanto com o Fator de ajuste, a produção necessária é de 43.179,9 g para atingir as 37.000 g (9 mil hectares). Essa alteração nos parâmetros tem impacto direto nos custos envolvidos na produção. Os custos mensais na produção de *Trichogramma* sp., considerando o fator de ajuste de 1,48 na equação de necessidade de ovos a serem produzidos (Tabela 8).

Na produção de *Trichogramma* spp. para venda, considerando o fator de ajuste de 1,48, foram avaliados os custos indiretos e diretos de produção. O custo total mensal foi de R\$ 225.984,76, com preço de mercado de R\$ 30,00 por hectare. A receita total alcançou R\$

270.000,00, gerando um lucro de R\$ 44.015,24. O custo unitário foi de R\$ 25,10 e o lucro por hectare foi de R\$ 4,89.

Com o fator de ajuste, os custos aumentaram em 8,9% em relação à opção sem o fator de ajuste, sendo 12,3% de aumento nos custos fixos e 8,7% nos custos variáveis, o principal setor impactado foi o setor de produção do hospedeiro que aumentou em 67,9% os custos fixos e 68,2% os custos variáveis.

A análise de custo-volume-lucro (CVL) foi conduzida para investigar a relação entre os custos dos bioprodutos *Trichogramma* spp., ovos inviáveis e *Trichogramma* spp. com o fator de ajuste, com os respectivos volumes de produção e as receitas. Os resultados dessa análise estão apresentados de forma detalhada na tabela 9.

A maior margem de contribuição unitária (M_c) foi obtida com a venda de *Trichogramma* spp. (R\$ 14,32), seguida de *Trichogramma* spp. com o fator de ajuste (R\$ 13,07) por último a venda de ovos inviáveis (R\$ 9,25).

A razão de contribuição (R_c) foi maior para a venda *Trichogramma* spp. sem o fator de ajuste (47,7%), seguido da venda de ovos inviáveis (47,5%), e por último com a venda de *Trichogramma* spp. com o fator de ajuste (43,5%).

Na produção de *Trichogramma* spp. (Figura 7), o ponto de equilíbrio foi de 4.507,0 hectares, gerando uma receita de R\$ 135.208,92. Já para a produção de ovos inviáveis de *E. kuehniella* (Figura 8), o PE foi 56% maior, demandando 7.034,10 hectares para atingir o PE, resultando em uma receita de R\$ 136.742,95. Na produção de *Trichogramma* spp. com o fator de ajuste (Figura 9), o PE foi 24,9% maior em relação à produção sem o fator de ajuste (4.507,0 hectares; receita de R\$ 135.208,92).

4. DISCUSSÃO

O aporte inicial de recursos é de extrema importância em projetos, uma avaliação minuciosa dos custos envolvidos, podem evitar a falta de recursos financeiros para cobrir as despesas, o que comprometeria a eficácia e a eficiência do projeto. Para garantir a alocação apropriada do investimento inicial, é essencial realizar análises detalhadas dos custos de produção (BORNIA, 2010; SOUZA & CLEMENTE, 2011), indiretos e diretos, incluindo as despesas essenciais, como aqueles relacionados à abertura e regularização da empresa.

Além disso, usar estratégias para mitigar riscos e otimizar recursos, por exemplo, terceirizar a frota de veículos ou outros setores da indústria pode reduzir os custos fixos associados à manutenção e renovação desses ativos (DINIZ & PAIXÃO, 2017). No entanto, essa decisão requer a análise cuidadosa dos benefícios e riscos envolvidos. A projeção dessas despesas pode ser complexa, mas é crucial para evitar desperdícios (BORNIA, 2010).

Na produção de parasitoides, os custos variáveis representam a maior parcela dos custos totais, correspondendo a 82,6% do Custo Total Mensal. Esses custos são diretamente influenciados pela quantidade produzida e englobam matérias-primas e mão de obra direta. No entanto, é importante ressaltar que parte significativa desses custos variáveis está relacionada aos custos indiretos de produção.

Os custos indiretos de produção, que representam 46% do Custo Total Mensal, englobam despesas como aluguel, energia elétrica e manutenção, sendo fundamentais ao funcionamento da operação e garantindo a infraestrutura e o suporte necessários.

Além dos custos indiretos de produção conhecidos, é crucial considerar os custos ocultos, pois negligenciá-los pode resultar na utilização inadequada dos recursos financeiros e causar impactos negativos no empreendimento. Esses custos ocultos englobam aspectos como má gestão de recursos, falta de qualidade, rotatividade de pessoal, controle inadequado, acidentes de trabalho, tempo de setup, espera, ociosidade, estoque e obsolescência (GOMES et al., 2015).

Portanto, a análise criteriosa dos custos indiretos e diretos é essencial para otimizar os recursos disponíveis na produção de parasitoides. Além disso, recomenda-se utilizar estratégias adicionais, como o planejamento orçamentário (MARQUES et al., 2019), incentivos fiscais (JÚNIOR et al., 2012; SILVA et al., 2017) e fontes de energia renovável (DASSI et al., 2015; VARGAS et al., 2019; SOUZA et al., 2020). Essas abordagens contribuem para a gestão mais eficiente e eficaz dos recursos financeiros na produção de *Trichogramma* spp.

A produtividade de 19,56 g de ovos de *E. kuehniella* por quilograma de dieta preparada pode resultar na redução de 16,1% nos custos de criação de *Trichogramma* spp. Os resultados de Tavares et al., (1989) indicam que o custo de produção de *E. kuehniella* representa aproximadamente 12 a 18% do custo total para produção de *Trichogramma* spp., esses resultados corroboram com nossos resultados, nos quais a produtividade de 5,81 g de ovos por quilograma de dieta preparada representou 12,7% do Custo Total Mensal.

As dietas para a produção de *E. kuehniella* variam de formulação e granulometria, o que altera os parâmetros de produtividade, a dieta deve suprir às necessidades nutricionais do hospedeiro e ser econômico (LOCATELLI et al., 2008; PARRA 2009; PARRA et al., 2022), outros fatores têm um impacto direto na produtividade são: a temperatura, umidade, fotoperíodo e quantidade de CO₂ (PARRA & JR, 2022). Além dos aspectos de produtividade na produção em larga escala, deve-se considerar o acesso a oferta abundante de matéria prima de qualidade, livres de outros organismos, pesticidas e de materiais transgênicos (PARRA & JR, 2022).

Outro fator importante é a ocorrência de pragas na criação como ácaros e o himenóptero *Habrobracon hebetor* (Say 1836) (Braconidae), que, se estabelecida, pode levar à perda do lote e consideráveis prejuízos (PARRA et al., 1989), tornando indispensáveis adequações nos processos de fabricação, trabalhar com lotes herméticos e com ambiente controlado.

A identificação de ampla gama de processos de fabricação, abrangendo a produção de *Trichogramma* spp., a produção de ovos de *E. kuehniella* e a manutenção das espécies, ressalta a relevância de aderir estritamente às exigências biológicas dos insetos e buscar abordagens de processo simplificadas e suscetíveis à automação. É essencial conceder especial atenção aos processos que envolvem riscos potenciais à saúde humana, a fim de assegurar a segurança e a eficácia das atividades realizadas em biofábrica (SILVEIRA, 2015).

Outro fator importante nesse processo é a qualificação da mão de obra (GOMES et al., 2015). De acordo com Parra (2009), para alcançar a produção diária de 5 kg de ovos de *E. kuehniella*, estima-se que sejam necessários 30 funcionários, essa estimativa é próxima aos valores encontrados neste estudo, considerando tanto a Mão de Obra Indireta quanto a Mão de Obra Direta. Segundo Reis e Noronha (2014), o preparo para o mercado de trabalho não está exclusivamente ligado ao tempo de estudo durante a vida acadêmica de um indivíduo, mas também aos processos de aprimoramento de conhecimentos específicos no âmbito empresarial, os quais impactam diretamente na qualidade e na produtividade do trabalho. Os autores ressaltam a importância de investimentos não apenas públicos, mas também privados na área da educação.

A proporção de custos das embalagens em relação ao custo total é de 23,6%. Embora a liberação sem embalagem possa aumentar o lucro, é essencial enfatizar a viabilidade técnica desse método, pois, a liberação a granel expõe as pupas de *Trichogramma* spp. aos riscos de predadores e condições climáticas adversas, o que impacta diretamente a eficiência da aplicação. De acordo com Pinto et al. (2003), a proteção das pupas é uma estratégia importante,

pois ajuda a evitar a predação, oferece maior proteção contra variações térmicas durante o transporte e no campo, e resguarda contra chuvas que possam ocorrer após as liberações.

Em avaliação preliminar conduzida em um ensaio de liberação de *T. pretiosum* por meio de cápsulas de amido em plantações de eucalipto, constatou-se a sobrevivência de *T. pretiosum* após 7 dias da aplicação. Esses resultados sugerem que as cápsulas de amido podem desempenhar um papel de proteção, aumentando a longevidade dos *Trichogramma* spp. em ambientes de campo. Assim, a proteção das pupas oferece abrigo contra condições climáticas adversas.

Os custos envolvidos na produção mensal de *E. kuehniella* visando a comercialização dos ovos inviáveis representa uma alternativa lucrativa e estratégica para mitigar os efeitos da capacidade ociosa decorrente da sazonalidade e das flutuações do mercado. A criação em larga escala de *Trichogramma* spp. demanda de quantidade significativa de ovos, tornando impraticável a utilização de hospedeiros naturais. A traça das farinhas *E. kuehniella*, viabilizou a produção em escala de *Trichogramma* spp. e tem sido amplamente empregada como hospedeiro alternativo em programas de controle biológico no Brasil na produção de *Trichogramma* spp. (COELHO & PARRA, 2013). Estudos conduzidos por Pratissoli et al. (2004) demonstraram que *T. pretiosum* pode ser criado por até 23 gerações em ovos de *E. kuehniella*, sem apresentar degeneração genética, evidenciando a excelente adaptação do parasitoide a esse hospedeiro. Em outra pesquisa, Pratissoli et al. (2010) avaliaram a capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *E. kuehniella* e *Sitotroga cerealella* Oliver 1789 (Lepidoptera: Gelechiidae), concluindo que *T. exiguum* apresentou maior eficácia ao parasitar ovos de *E. kuehniella*.

Os custos envolvidos na produção mensal de *Trichogramma* spp. com o fator de ajuste têm um impacto direto na quantidade de ovos de *E. kuehniella* necessários para atingir a meta desejada por hectare. Essa modificação afeta os parâmetros de custos, resultando em um aumento no custo total mensal e afetando diretamente o lucro.

O fator de ajuste desempenha um papel importante na compensação de possíveis perdas causadas pelos fatores abióticos, como temperatura, umidade e luz, que exercem influência sobre os parâmetros biológicos do *Trichogramma* spp.; esses fatores, por sua vez, afetam significativamente o desempenho desse parasitoide no controle biológico em campo. A temperatura é um dos principais fatores abióticos a ser considerado, pois impacta a capacidade de parasitismo, viabilidade do parasitismo, fecundidade e longevidade do *Trichogramma* spp.

(PRATISSOLI et al., 2004; ZAGO et al., 2007; PRATISSOLI et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2022).

Para alcançar sucesso no controle biológico utilizando *Trichogramma* spp., é essencial assegurar a obtenção de indivíduos de qualidade em criações em larga escala. O controle de qualidade desempenha um papel indispensável tanto na efetividade do controle biológico quanto para a confiança do consumidor (ALMEIDA, 2020).

Dentre os parâmetros exigidos no controle de qualidade, destaca-se a dosagem adequada de *Trichogramma* spp. para o controle eficaz das pragas. Essas dosagens são influenciadas por parâmetros reprodutivos do *Trichogramma* spp., como taxa de parasitismo e viabilidade do parasitismo, que se refere à quantidade de *Trichogramma* spp. que emerge dos ovos parasitados. Essas quantidades são definidas por especificações de referência estabelecidas pelo Decreto nº 6.913 de 23 de julho de 2009 para cada cultura, as quais representam as garantias mínimas que os produtos fitossanitários com uso aprovado para agricultura orgânica devem atender afim de obter registro (MAPA, 2022).

Na análise de custo-volume-lucro, na perspectiva da produção e comercialização, a venda de *Trichogramma* spp. apresenta a maior Margem de Contribuição Unitária, seguida pela venda de *Trichogramma* spp. com Fator de Ajuste, e, por último, a venda de ovos inviáveis, o que evidencia a maior vantagem econômica da produção e comercialização de *Trichogramma* spp. A margem de contribuição é essencial para cobrir os custos fixos e gerar lucro, tornando-se um indicador fundamental na análise financeira das empresas. Nessa perspectiva, a análise de custo-volume-lucro é uma ferramenta gerencial amplamente adotada por empresas modernas, fornecendo uma visão detalhada e estratégica da relação entre custos, volume de produção e lucratividade (BORNIA, 2010).

A diferença na margem de contribuição unitária dos *Trichogramma* spp. vendidos com e sem o fator de ajuste é de R\$ 1,25, devido a um aumento de 14,0% nos custos fixos e 7,9% nos custos variáveis. Isso indica que aumentar a quantidade de *Trichogramma* spp. a serem produzidos, sem aumentar o preço de venda reduz a lucratividade do empreendimento. Para mitigar essa diferença, é necessário reduzir custos, aumentar a produtividade, minimizar desperdícios e considerar um aumento no preço de venda (SOUZA & CLEMENTE, 2011).

A razão de contribuição apresentou valores mais elevados para venda de *Trichogramma* spp., seguida pela a venda de ovos inviáveis, com 47,5%, e por último a venda de *Trichogramma* spp. com o fator de ajuste. A razão de contribuição representa a proporção de

cada unidade monetária obtida com a venda dos produtos que contribui para cobrir os custos fixos e gerar lucro (BORNIA, 2010). Assim, quase metade da receita proveniente da venda de dos três produtos pode ser direcionada ao pagamento dos custos fixos e gerar de lucro. Apesar da margem de contribuição da venda de ovos inviáveis ser menor devido ao valor de venda inferior, a comercialização desse produto é uma alternativa lucrativa quando produzida acima do ponto de equilíbrio.

Para atingir o ponto de equilíbrio econômico na venda de ovos inviáveis, seria necessário expandir a produção em 2.527,1 hectares adicionais em comparação com a comercialização de *Trichogramma* spp. O ponto de equilíbrio, definido como o ponto em que o lucro é zero (BORNIA, 2010), sugere que, dentro da proposta de 9 mil hectares, todos os produtos serão rentáveis. Apesar da necessidade de aumentar a produção de ovos inviáveis, sua razão de contribuição permanece próxima aos demais produtos, indicando taxas de retorno semelhantes em relação aos investimentos realizados.

Para atingir o ponto de equilíbrio econômico na produção de *Trichogramma* spp. com o fator de ajuste, é necessário um acréscimo de 1.125 hectares (um aumento de 24,9%). Esse dado se destaca é um importante balizador na tomada de decisões empresariais. Aumentar o preço praticado no mercado é a forma de incentivar a preferência das biofábricas pela produção de *Trichogramma* spp. dentro das especificações de referência. É importante ressaltar que essas análises servem para nortear a discussão quanto as decisões operacionais, sendo incompletas para base de formação de preços. No entanto, os pesquisadores Parra e Jr., (2022) destacam que os custos de aplicação do *Trichogramma* spp. são aproximadamente US\$ 8-9 (R\$ 44,27 a 49,81) e mais US\$ 2-3 (R\$ 11,06 a 16,60) para aplicação via drone, custos próximos aos da aplicação de agroquímicos.

A abordagem gerencial através do custeio por absorção e variável são importantes instrumentos para discutir os principais aspectos produtivos em biofábrica de *Trichogramma* spp. A análise adequada dos custos é fundamental para projetos que envolvam a produção de *Trichogramma* spp. e *E. kuehniella*. É importante identificar e mitigar os custos ocultos, utilizar ferramentas como o planejamento orçamentário, aproveitar incentivos fiscais e energias renováveis. Além disso, aspectos relacionados com a produção, como a produtividade das dietas, proteção das pupas, qualificação da mão de obra e controle de qualidade, devem ser considerados.

É essencial ajustar a produção com base na expectativa de parasitismo e viabilidade do parasitismo. Embora isso possa aumentar o risco do empreendimento ao alterar os parâmetros de custos, essa adaptação é importante para atingir à dose recomendada de *Trichogramma* spp.

A análise de custo-volume-lucro proporciona a visão estratégica que permite reduzir custos, aumentar a produtividade e maximizar o lucro. Ao combinar todas essas abordagens, é possível otimizar a gestão financeira e produtiva da biofábrica.

5. CONCLUSÃO

A maioria dos custos se concentra nos custos diretos de produção, especialmente nos custos variáveis. Cerca de 30,9% desses custos variáveis correspondem à produção do hospedeiro. Aumentar a produtividade das dietas pode reduzir em até 16,1% os custos de criação de *Trichogramma* spp.

As embalagens representam 23,6% do custo total e são essenciais para prevenir a predação, controlar variações térmicas durante o transporte e no campo, além de proteger contra chuvas após as liberações.

Ajustar a produção e a dose de liberação com base na taxa de parasitismo e na viabilidade do parasitismo aumenta os custos em 8,9%, porém é crucial para alcançar a dose recomendada de aplicação de *Trichogramma* spp.

Produzir *E. kuehniella* para venda em momentos de baixa demanda de *Trichogramma* spp. é uma alternativa viável.

É necessário produzir e comercializar *Trichogramma* spp. para uma área superior a 5.632,0 hectares (100 mil adultos por hectare) para garantir lucratividade.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. P. Controle de qualidade na produção massal de *Trichogramma pretiosum*, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Embrapa algodão**, p. 46, 2020, Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134538/1/DOC282.pdf>. Acesso em: fevereiro 2024.
- BORNIA, A. C. **Análise Gerencial de Custos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 315 p.
- COELHO, A.; PARRA, J.R.P. The effect of rearing in different temperature regimes on the reproduction of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Environmental Entomology**, v. 42, n. 4, p. 799–804, 1 ago. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1603/EN12106>
- COLPO, I.; MEDEIROS, F. S. B.; AMORIN, A. L. W.; WEISE, A. D. Análise do custo-volume-lucro auxiliando na tomada de decisão: o caso de uma microempresa. **Revista do micro e pequena empresa**, v. 9, p. 22 – 36, 2015. DOI: <https://doi.org/10.6034/723>
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. D. L. C.; MATOSO, M. J. (1999). Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999.
- SILVA, E; ALMEIDA, D. M; BORNIA, A. C. Potenciais indústrias consideradas inovadoras para fins de utilização dos incentivos fiscais à inovação tecnológica da Lei do Bem. In: **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, 2017.
- DASSI, J.; PETROSKI, E. L.; SIMON, A. R.; ZIMMERMANN, T. A. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. In: **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, 2015.
- GOMES, T.; COSTA, M. S.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA, J. G. S. Identificação dos custos ocultos no processo de fabricação de produtos de uma indústria de bebidas localizada na Paraíba. In: **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, 2015.
- GOUVEA, A.; GNOATTO, V. J.; SILVA, E. R. L.; POTRICH, M. Análise econômica da produção de *Trichogramma pretiosum* Riley em diferentes escalas. **EntomoBrasilis**, v. 7, p. 41-47, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v7i1.379>
- LENTEREN, J. C.V. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, p. 1-20. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
- LOCATELLI, D. P.; LIMONTA, L.; STAMPINI, M. Effect of particle size of soft wheat flour on the development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 44, n. 3, p. 269–272, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2008.02.004>

LOPES, S. R.; PAIXÃO, M. A. S.; CRUZ, I. Viabilidade econômica de biofábrica de *Trichogramma pretiosum* para uso contra pragas agrícolas da ordem Lepidoptera. **Revista IPecege**, v. 4, n. 1, p. 44–50, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2018.1.44>

MARQUES, M. M. P.; JONES, G. D. C. Processo de adoção do orçamento base zero em uma empresa de tecnologia sediada no estado de Minas Gerais. In.: **Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, 2019.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **DECRETO Nº 6.913, DE 23 DE JULHO DE 2009**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/decreto-no-06-913-de-23-de-julho-de-2009.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

OLIVEIRA, H. N. D.; COLOMBI, C. A.; PRATISSOLI, D.; PEDRUZZI, E. P.; DALVI, L. P. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner, 1978 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criado em dois hospedeiros por diversas gerações. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 284-288, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000200003>

OLIVEIRA, D.; PRATISSOLI, F.; DAMASCENA, A.; TAMASHIRO, L.; PRATISSOLI, D. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criado em ovos de *Diaphania hyalinata* Linnaeus (Lepidoptera: Pyralidae) em diferentes temperaturas. **Agrarian Academy**, v. 9, n. 17, p. 18, 2022. DOI: https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2022A2

PARRA, J. R. P. A evolução das dietas artificiais e suas interações em ciência e tecnologia. In: GALLO, D. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. São Paulo: Nobel, 2009. p. 153-176.

PARRA, J. R. P.; COELHO JR, A. Insect rearing techniques for biological control programs, a component of sustainable agriculture in Brazil. **Insects**, v. 13, n. 1, p. 105, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13010105>

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Ícone, p. 95-128, 1997.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S. Metodologia de criação *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 18(2), p. 403–415, 1989.

PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L.; KASSAB, S. O.; TORRES, J. B.; CARDOSO, C. R. G.; FERNANDES, W. C.; DINIZ, A. J. F.; ZANUNCIO, J. C. Densidade do parasitoide e do hospedeiro, (2021). In.:

PINTO, A. S.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C. Comparação de técnicas de liberação de *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de *Diatraea*

saccharalis (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 311–318, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000200018>

PRATISSOLI, D.; BUENO, R. C. O. F.; VIANA, P. A. Changes in Biological Characteristics of *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) Reared on Eggs of *Anagasta kuehniella* (Lep.: Pyralidae) for 23 Generations. **Biocontrol Science and Technology**, v. 14, n. 3, p. 313–319, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583150310001639196>

PRATISSOLI, D.; TORMEN, N. R.; PAULA-MORAES, S. V.; PEREIRA, F. F.; FONSECA, V. S. Biological characteristics of *Trichogramma exiguum* in the eggs of *Anagasta kuehniella* and *Sitotroga cerealella*. **Idesia**, v. 28, n. 1, p. 39–42. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292010000100006>

PRATISSOLI, F.; OLIVEIRA, D.; DAMASCENA, A.; JUNIOR, L. A.; PRATISSOLI, D. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 37, p. 416, 2021. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021C37

REIS, C. T. M. D.; NORONHA, N. M. Mão de obra qualificada – gargalo produtivo. **RELEM – Revista Eletrônica Mutações**, v. 2, n. 2, 2014.

SILVA, E. F.; ALMEIDA, D. M.; BORNIA, A. C. (2017, November). Potenciais indústrias consideradas inovadoras para fins de utilização dos incentivos fiscais à inovação tecnológica da Lei do Bem. In.: **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, 2017.

SILVEIRA, P. E. **A Structural Prototype for Planning and Controlling a Manufacturing System**. In: *New Contributions in Information Systems and Technologies*. Springer International Publishing, v.1, p. 79-90, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16486-1_8

SMITH, S. M. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. **Annual review of entomology**, v. 41, p. 375-406, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>

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

SOUZA, F. F.; MALDONADO, T. V.; DA SILVA JUNIOR, S. A. Avaliação do Custo Total de Propriedade do uso de energia solar fotovoltaica e da energia elétrica convencional. In: **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, 2020.

SOUZA, M. A.; SCHNORR, C.; FERREIRA, F. B. Análise das relações custo-volume-lucro como instrumento gerencial: um estudo multicaso em indústrias de grande porte do Rio Grande do Sul. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 5, p.109-134, 2011. DOI: <https://doi.org/10.11606/rco.v5i12.34797>

TAVARES, J.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. Produção em massa da *Ephestia kuehniella* (Lep. Pyralidae): Metodologia para a avaliação da produção de ovos e adultos. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia**, v. 4, n. 2, p. 13–28, 1989.

TAVARES, W. S. Custos de uma Biofábrica de *Trichogramma pretiosum* Riley para o Controle da Lagarta-do-Cartucho no Milho. **EntomoBrasilis**, v. 3, p. 49-54, 2010. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v3i2.76>

VARGAS, L. A.; MARTINAZZO, M. R. M.; ZANIN, A. Gestão de energia sustentável: o panorama de uma propriedade rural. In: **Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2019.

VIEIRA, J. M.; QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. On the identity of *Trichogramma demoraesi* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae), with a checklist and a key to *Trichogramma* species associated with *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera, Sphingidae) in Brazil. **Zootaxa**, v. 3869, p. 83-89, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3869.1.8>

ZAGO, H. B.; PRATISSOLI, D.; BARROS, R.; GONDIM Jr, M. G.; SANTOS Jr, H. J. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em hospedeiros alternativos, sob diferentes temperaturas. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 84-89, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000100010>

Tabela 2. Orçamento de recursos e despesas dos Custos indiretos de produção para a produção de *Trichogramma* spp. para aplicação em área de 9 mil hectares na densidade de 100 mil parasitoides por hectare (Orçado em fevereiro de 2022 em três fontes especializadas – Média dos valores).

	Quant	Un.	Valor un. (R\$)	Vida útil	CF (R\$)	CV (R\$)
Impostos (Simples nacional)	1	un	29.000,00	-	-	29.000,00
Despesas administrativas	1	un	18.000,00	12	3.092,55	-
Pró-labore	3	un	48.000,00	12	24.740,40	-
Galpão	720	m ²	945,00	240	9168,39	-
Estoque	-	-	-	-	-	-
Conservação predial	1	un	6.000,00	12	1.030,85	-
Manutenções periódicas de benfeitorias e instalações	1	un	2.400,00	12	412,34	-
Material de limpeza	1	un	3.000,00	12	515,43	-
Energia elétrica	18.000	KW h	1,06	-	-	19.033,20
Água e esgoto	20	m ³	31,07	-	-	621,40
Telefonia	3	un	1.440,00	12	742,21	-
Aluguel de veículo	1	un	5.200,00	-	-	5.200,00
Computador	2	un	5.500,00	120	239,89	-
Impressora	1	un	5.000,00	120	109,04	-
Material de expediente (papel, cartucho de impressora...)	1	un	2400,00	12	412,34	-
Desperdícios	-	-	-	-	-	-
Treinamentos de pessoal	1	un	5040,00	-	865,91	-
Vale refeição	7	un	463,04	-	-	3.241,28
Vale transporte	350	un	3,25	-	-	1.365,00
Material de segurança EPI	7	un	200	-	-	1.400,00
Material de segurança coletiva EPC	3	un	2.070,00	120	135,43	-
Mão de obra indireta (MOI) (salário, encargos sociais, provisão de 13º, provisão de férias)	2	un	1.723,73	-	-	3.447,46
Total					41.464,78	63.308,34

Tabela 3. Produção do hospedeiro - Orçamento de recursos dos Custos diretos de produção mensal de 29.050 g de ovos de *E. kuehniella* para a produção de *Trichogramma* spp. para aplicação em área de 9 mil hectares com densidade de 100 mil parasitoides por hectare. (Orçado em fevereiro de 2022 em três fontes especializadas - média dos valores).

Materiais diretos (MD)	Quant.	Un.	Valor un. (R\$)	Vida útil	CF (R\$)	CV (R\$)
Caixa plástica transparente 6L	5000	un	30,00	36	9.104,58	-
Tecido de náilon	1250	m ²	17,00	12	3.650,93	-
Cola quente	1250	un	1,80	12	386,57	-
Pistola de cola quente	3	un	95,00	12	48,97	-
Estilete	3	un	24,00	12	12,37	-
Farelo de trigo	4784	kg	2,66	-	-	13.300,00
Levedo de cerveja	150	kg	30,00	-	-	4.500,00
¹ Ovos de <i>E. kuehniella</i> (5%) (Parra, 2022)	1250	g	-	-	-	-
Tubo de PVC 200 mm/6 m	375,2	m	27,00	120	220,93	-
Luva de PVC 200 mm	1500	un	10,00	120	327,13	-
Tela plástica hexagonal, malha 1,5 mm	375,2	m ²	30,00	24	995,87	-
Arco de Serra Fixo 12 Pol.	3	un	35,00	60	4,04	-
Serrinha 12 Pol. 24 Dentes	15	un	8,00	24	10,62	-
Tecido tipo "tule filó"	750	m ²	12,00	12	1.546,28	-
Aspirador de pó 1250W	3	un	250,00	60	28,86	-
Ponteira adaptada	3	un	20,00	12	10,31	-
Bandeja Plástica 9,8 x 40,7 x 60,8 cm	750	un	20,00	60	577,13	-
Pincel tamanho 24	3	un	15,00	60	1,73	-
Peneira plástica 16 cm	3	un	4,00	60	0,46	-
Sacos Lam. Metalizados Zip Lock (10x15x5)	209	un	1,28	60	10,29	-
Balança de precisão	1	un	2.700,00	120	58,88	-
Refrigerador	1	un	1.500,00	120	32,71	-
Prateleira	250	un	230,00	120	1.253,98	-
Bancada de estrutura de aço mod. L3 2m	3	un	1.200,00	120	78,51	-
Ar condicionado quente/frio	240.000	BTU	0,16	240	517,44	-
Umidificador de ar	17	un	180,00	36	196,66	-
Caixa organizadora	2	un	100,00	120	6,64	-
Álcool	10	L	10,00	-	-	100,00
Mão de obra direta (MOD) (salário, encargos sociais, provisão de 13°, provisão de férias)	3	un	1.723,73	-	-	5.171,19
Frete de material direto	10	un	100,00	-	-	1.000,00
Total					19.081,77	24.071,19

¹Considerar um valor inicial de R\$ 9.375,00 para a aquisição de ovos de *E. kuehniella*.

Tabela 4. Manutenção dos parasitoides e controle de qualidade - Recursos utilizados para manutenção e controle de qualidade de quatro espécies de parasitoides da família Trichogrammatidae (Orçado em fevereiro de 2022, com base em três fontes especializadas – média dos valores).

Materiais diretos (MD)	Quant.	Un.	Valor un. (R\$)	Vida útil	CF (R\$)	CV (R\$)
Lápis Preto Sextavado N2 Caixa com 12	1	un	20,00	12	3,44	-
Goma arábica	1	kg	75,00	12	12,89	-
Cartolinas azul celeste	100	un	1,00	12	17,18	-
Tesoura	2	un	6,00	12	2,06	-
Régua	2	un	2,00	12	0,69	-
Pincel tamanho 06	2	un	15,00	12	5,15	-
Ovos de <i>E. kuehniella</i>	12	g	-	-	-	-
Fluxo laminar	1	un	10.000,00	120	218,08	-
Copinho de acrílico 25 ml	200	un	0,56	12	37,91	-
Mel	1	kg	40,00	12	6,87	-
Plástico filme PVC 28 cm x 300 m	1	un	55,00	12	9,45	-
Tubo de Duran vidro 7 x 40 250 un.	2	un	200,00	12	68,72	-
Microscópio estereoscópico (lupa)	1	un	5.500,00	120	239,89	-
B.O. D	1	un	10.000,00	120	218,08	-
Prateleira	1	un	230,00	120	5,02	-
Bancada de estrutura de aço mod. L3 2m	1	un	1200,00	120	26,17	-
Ar condicionado quente/frio	12.000	BTU	0,16	120	41,87	-
Umidificador de ar	1	un	180,00	36	6,93	-
Mão de obra direta (MOD) (salário, encargos sociais, provisão de 13º, provisão de férias)	1	un	1.723,73	-	-	1.723,73
Total					766,09	1.723,73

Tabela 5. Materiais utilizados na produção de parasitoides para vendas (*Trichogramma* spp.) para aplicação em área de 9 mil hectares com densidade de 100 mil parasitoides por hectare (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).

Materiais diretos (MD)	Quant.	Un.	Valor un. (R\$)	Vida útil	CF (R\$)	CV (R\$)
Cartolinas azul celeste	3000	un	1,00	12	515,43	-
Goma arábica	10	kg	75,00	12	128,86	-
Tesoura	2	un	6,00	12	2,06	-
Pincel tamanho 24	2	un	15,00	12	5,15	-
Pote de Vidro Liso 1,3 Litros	650	un	13,00	60	325,11	-
Bandeja Plástica 9,8 x 40,7 x 60,8 cm	1250	g	20,00	60	923,40	-
Plástico filme PVC 28 cm x 300 m	12	un	5,45	12	11,24	-
Plástico filme PVC 40 cm x 1000 m	2	un	150,00	12	51,54	-
Mel	2,5	kg	40,00	12	17,18	-
Ovos de <i>E. kuehniella</i>	29.050	un	-	-	-	-
Fluxo laminar	1	un	10.000,00	120	218,08	-
Embalagem	25.000,20	un	0,60			48.600,00
Prateleira	100	un	230,00	120	501,59	-
Bancada de estrutura de aço mod. L3 2 m	2	un	1200,00	120	52,34	-
Ar condicionado quente/frio	120.000	BTU	0,16	240	258,72	-
Umidificador de ar	10	un	180,00	36	109,26	-
Mão de obra direta (MOD) (salário, encargos sociais, provisão de 13°, provisão de férias)	2	un	1.723,73	-	-	3.447,46
Total					3.211,69	52.047,46

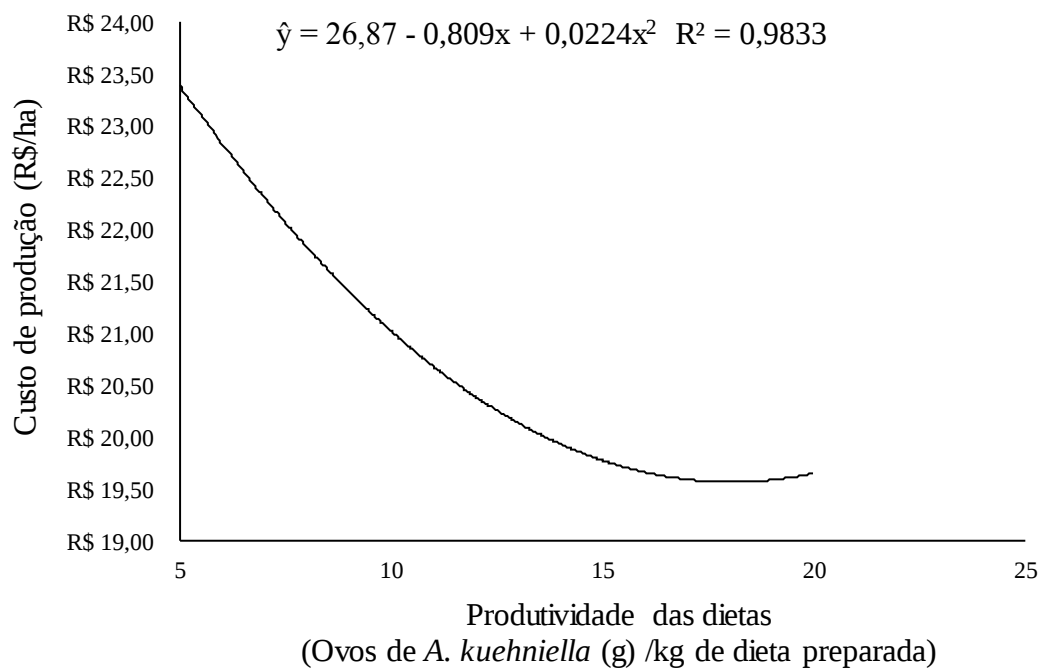


Figura 6. Custo de produção por hectare sob diferentes produtividades de ovos de *E. kuehniella* por kg de dieta preparada, o cálculo do lucro foi realizado com base em um preço de R\$ 30,00 por 100 mil parasitoides.

Tabela 6. Custo total mensal dos materiais utilizados na Produção de parasitoides para vendas e aplicação em área de 9 mil hectares com densidade de 100 mil parasitoides (*Trichogramma* spp.) por hectare (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).

Tipo	Setor produtivo	CF (R\$)	CV (R\$)
CIP	-	41.464,78	63.308,34
CDP	Produção do Hospedeiro	19.081,77	24.071,19
	Manutenção dos parasitoides e controle de qualidade	766,09	1.723,73
	Produção de parasitoides para vendas	3.211,69	52.047,46
Total		64.524,33	141.150,72

CIP - Custo indireto de produção e CDP - Custo direto de produção.

Tabela 7. Custo total mensal para a produção de 27.788,00 g de ovos inviabilizados de *E. kuehniella* (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).

Tipo	Setor produtivo	CF (R\$)	CV (R\$)
CIP	-	41.464,78	63.308,34
CDP	Produção de parasitoides para demandas ¹	3.095,72	3.447,46
	Produção do hospedeiro	19.081,77	24.071,19
	Manutenção dos parasitoides	766,09	1.723,73
Total		64.408,36	92.550,72

¹Foram computados apenas os Custos fixos e a Mão de obra direta (MOD)(Custo variável). CIP - Custo indireto de produção e CDP - Custo direto de produção.

Tabela 8. Custo total mensal com o Fator de ajuste (1,48) para a Produção de 43.179,9 g de ovos de *E. kuehniella* destinado a produção de *Trichogramma* spp. considerando área de liberação de 9 mil hectares, com 100 mil parasitoides (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).

Tipo	Setor produtivo	CF (R\$)	CV (R\$)
CIP	-	41.464,78	63.308,34
CDP	Produção do Hospedeiro	28.066,92	35.293,02
	Manutenção dos parasitoides e controle de qualidade	766,09	1.723,73
	Produção de parasitoides para demandas	3.314,42	52.047,46
Total		73.612,21	152.372,55

CIP - Custo indireto de produção e CDP - Custo direto de produção.

Tabela 9. Análise de Custo-Volume-Lucro para a produção de *Trichogramma* spp., ovos inviáveis e *Trichogramma* spp. com o Fator de ajuste, considerando o preço de venda padronizado em reais por hectare, visando a densidade de 100 mil parasitoides hectares (orçado em fevereiro de 2022, em três fontes especializadas - média dos valores).

	<i>Trichogramma</i> sp.	Ovos inviáveis	<i>Trichogramma</i> sp. com F_a
Preço de venda (R\$/ha)	30,00	19,44	30,00
CF (R\$)	64.524,33	64.408,36	73.612,21
CV (R\$/ha)	15,68	10,28	16,93
M_c (R\$/ha)	14,32	9,25	13,07
R_c (%)	47,7	47,5	43,5

CF- Custo fixo; CV- Custo variável; M_c - Margem de contribuição unitária e R_c - Razão de contribuição.

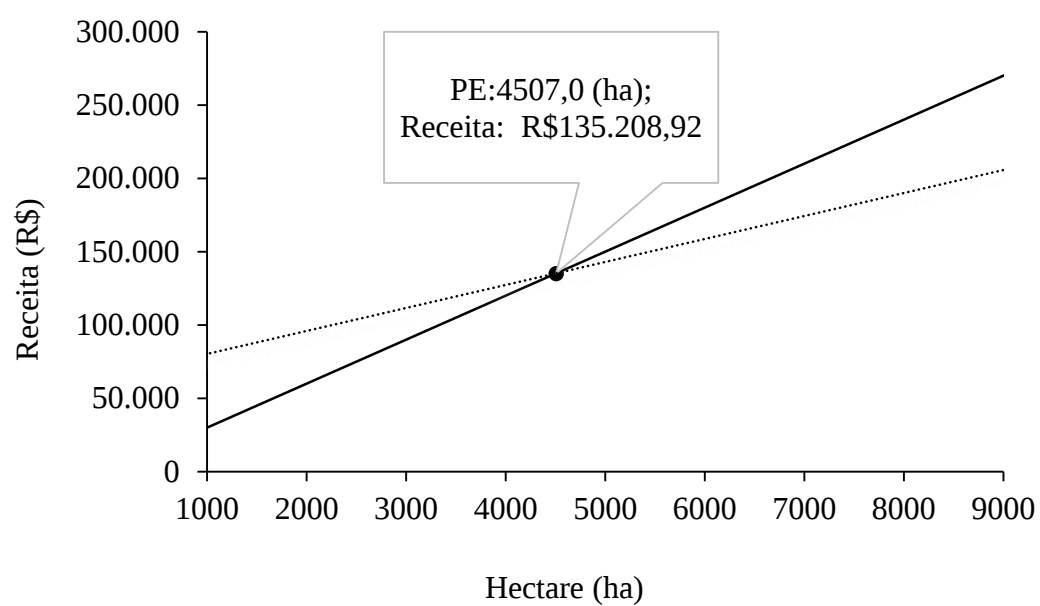


Figura 7. Receita e custos para a produção de *Trichogramma* spp. com densidade de aplicação de 100 mil parasitoides por hectare com ponto de equilíbrio (PE) em hectare.

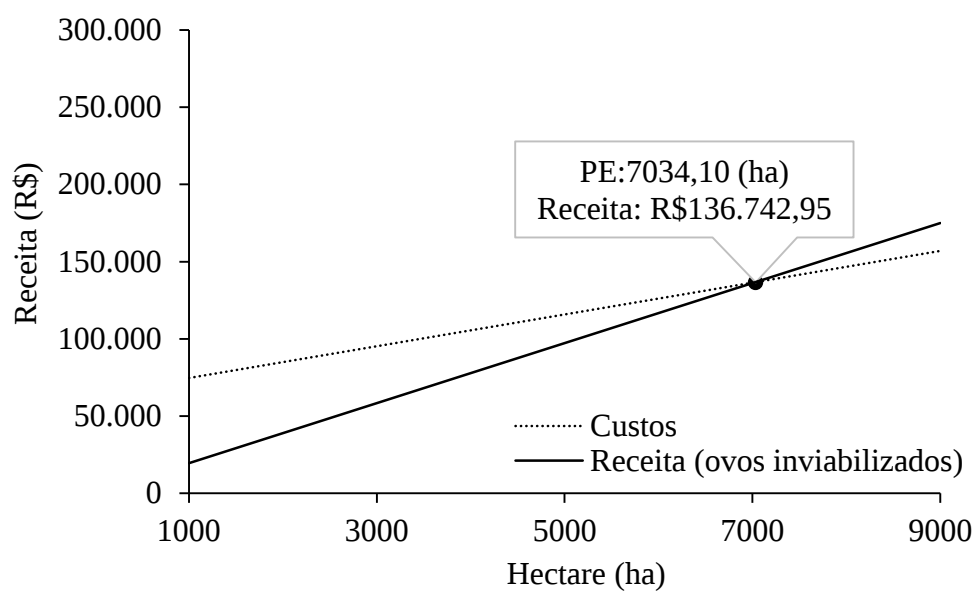


Figura 8. Receita e custos para a produção de ovos inviabilizados de *E. kuehniella* (baseado na densidade de aplicação de 100 mil adultos *Trichogramma* spp. por hectare) com ponto de equilíbrio (PE) em hectare.

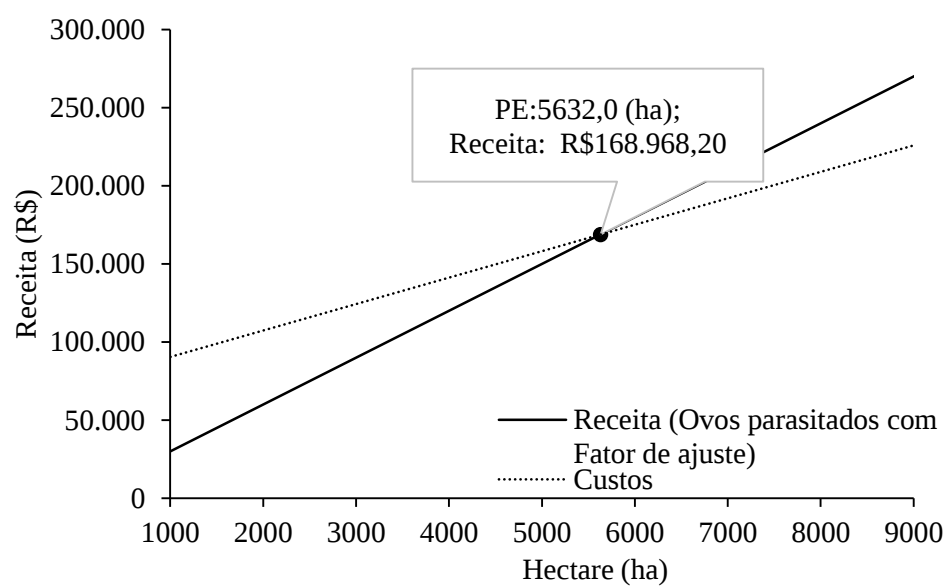


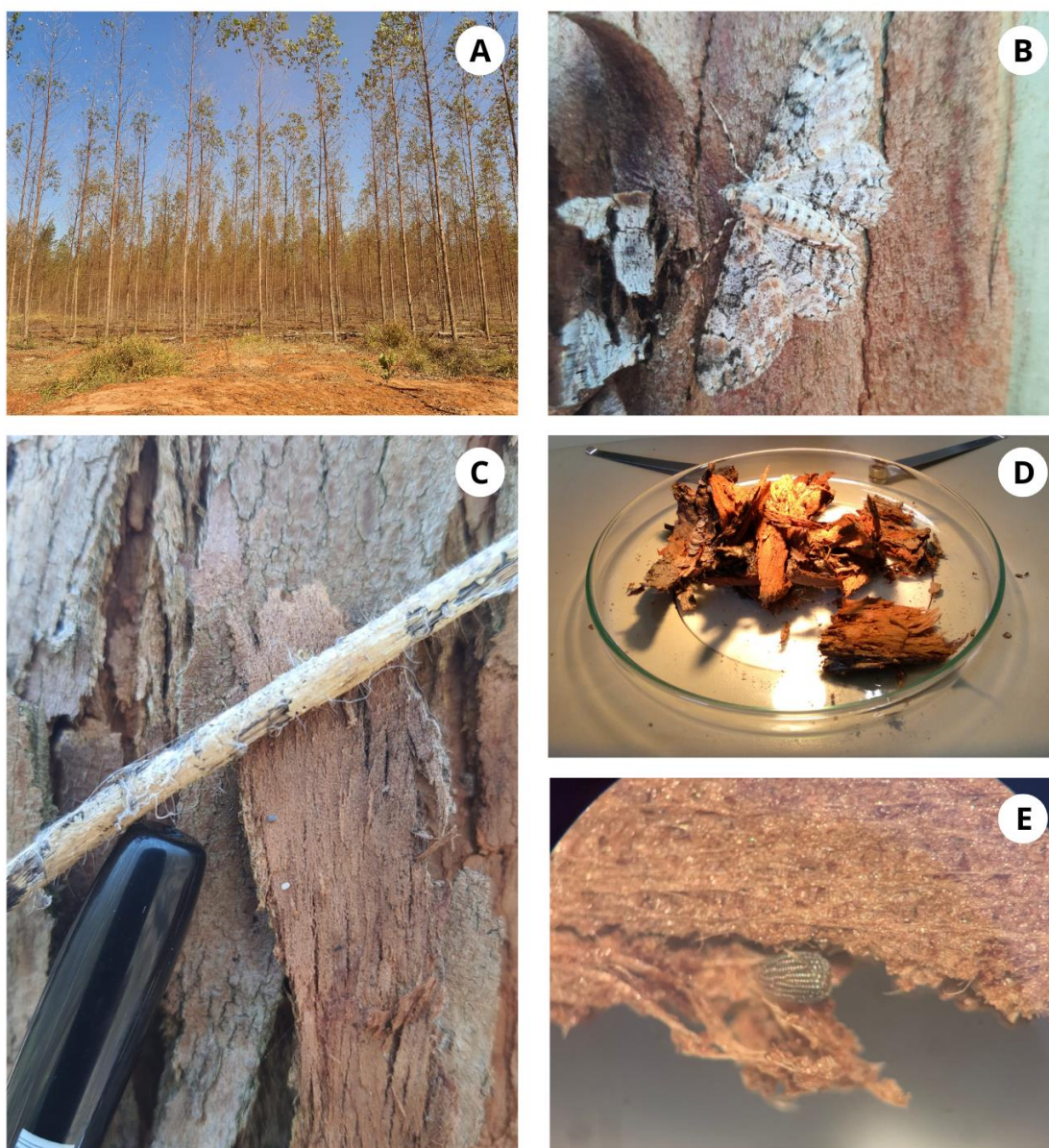
Figura 9. Receita e custos para a produção de *Trichogramma* spp. com Fator de ajuste com densidade de aplicação de 100 mil parasitoides por hectare com ponto de equilíbrio (PE) em hectare.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

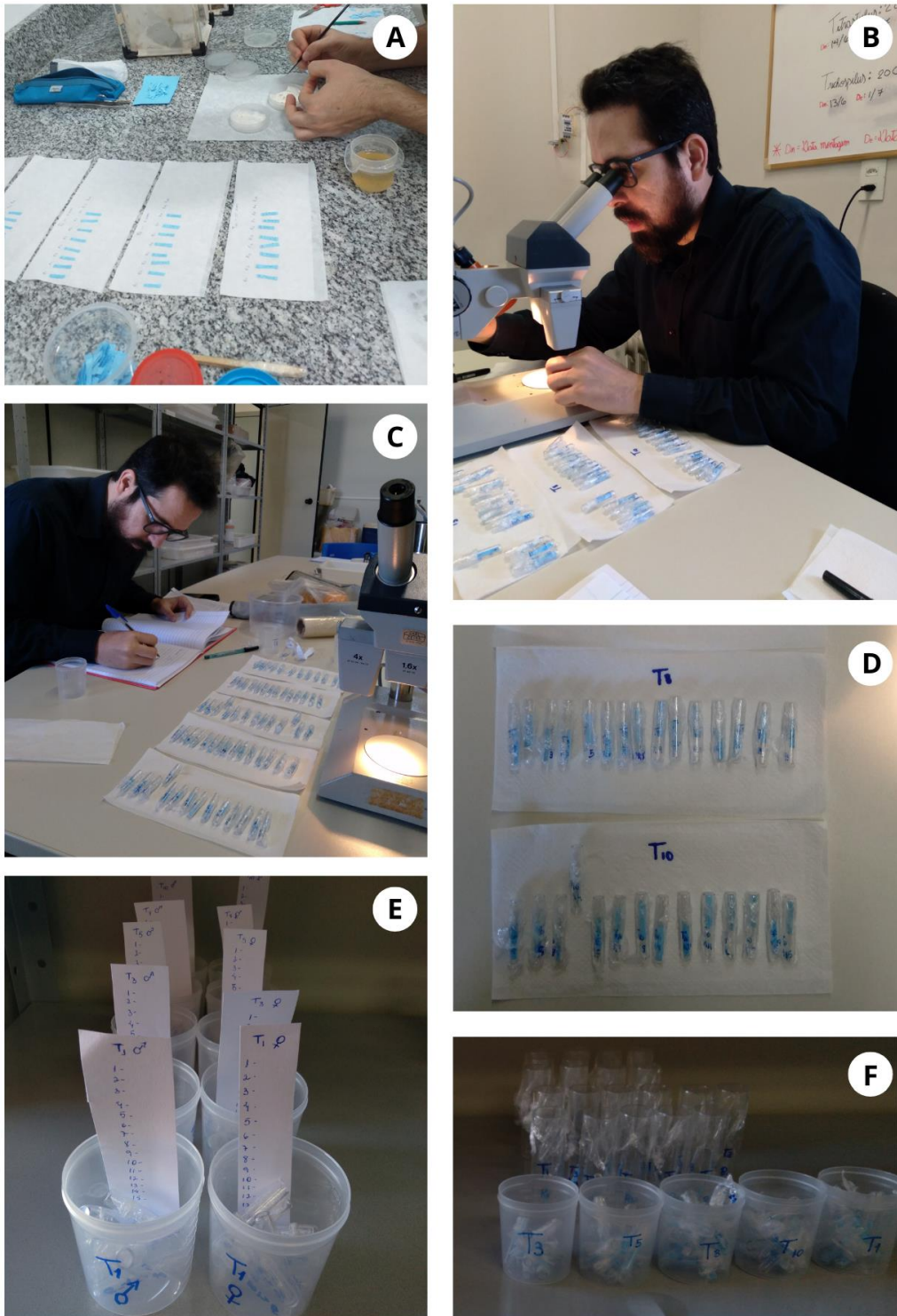
O inédito registro de *T. pretiosum* parasitando naturalmente ovos de *I. panopla* destaca-se como um marco relevante neste estudo. As taxas de parasitismo são promissoras, especialmente quando aplicadas em uma densidade de 72.000 fêmeas por hectare. Ovos de *I. panopla* são adequados para a reprodução de *T. pretiosum*, conforme evidenciado por meio de análises laboratoriais.

Em consonância com o crescente cenário de bioinsumos no Brasil, a otimização dos custos associados à produção em escala de *Trichogramma* spp., envolvem enfoque na produtividade das dietas do hospedeiro *E. kuehniella* e automatização dos processos de fabricação. As embalagens aumentam os custos, mas garantem a qualidade das aplicações *Trichogramma* spp., assim como a dosagem adequada a partir das estimativas de parasitismo e de viabilidade do parasitismo. Vender os ovos de *E. kuehniella* em épocas de baixa demanda de *Trichogramma* spp. e produzir em escala acima do ponto de equilíbrio (PE) podem garantir a lucratividade.

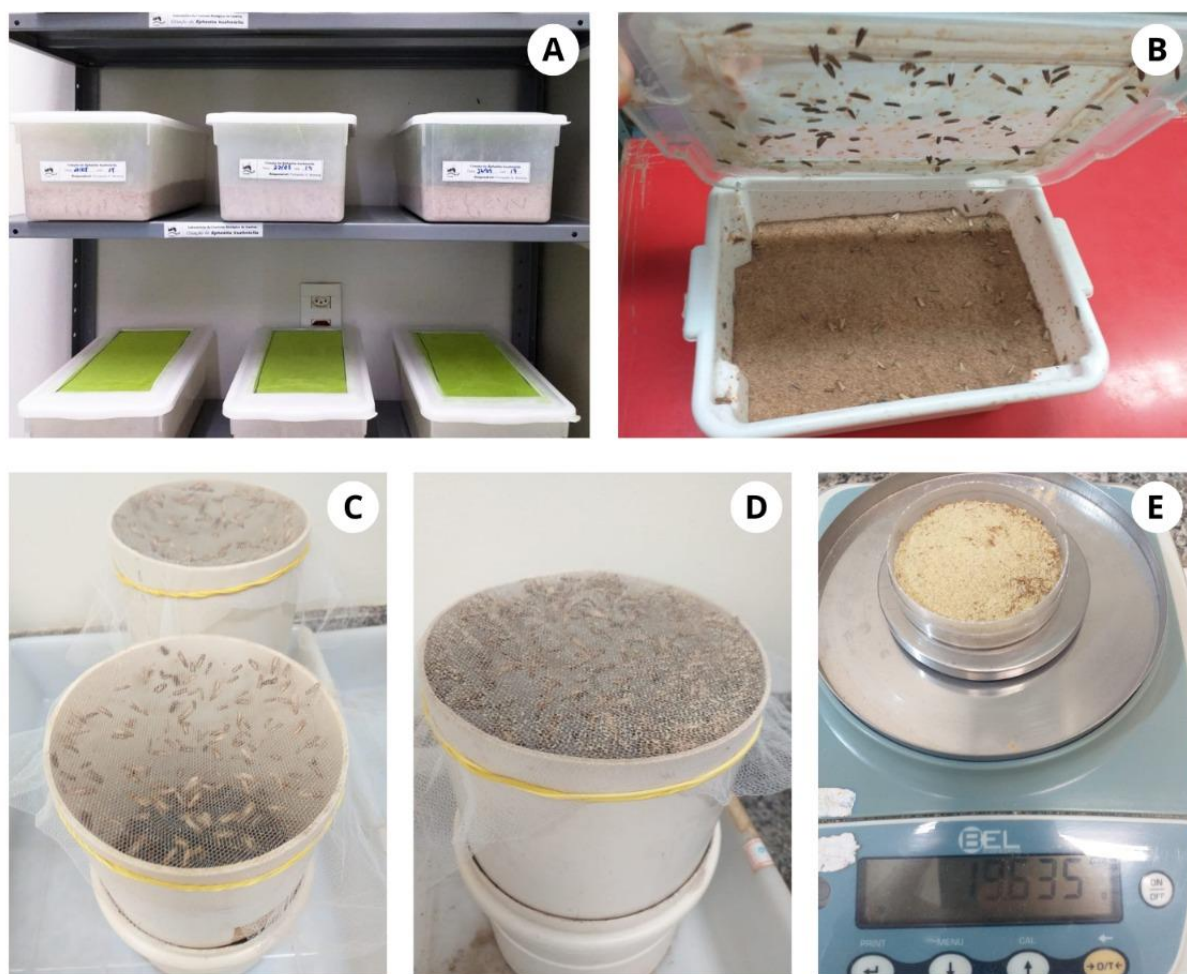
VI. ANEXOS



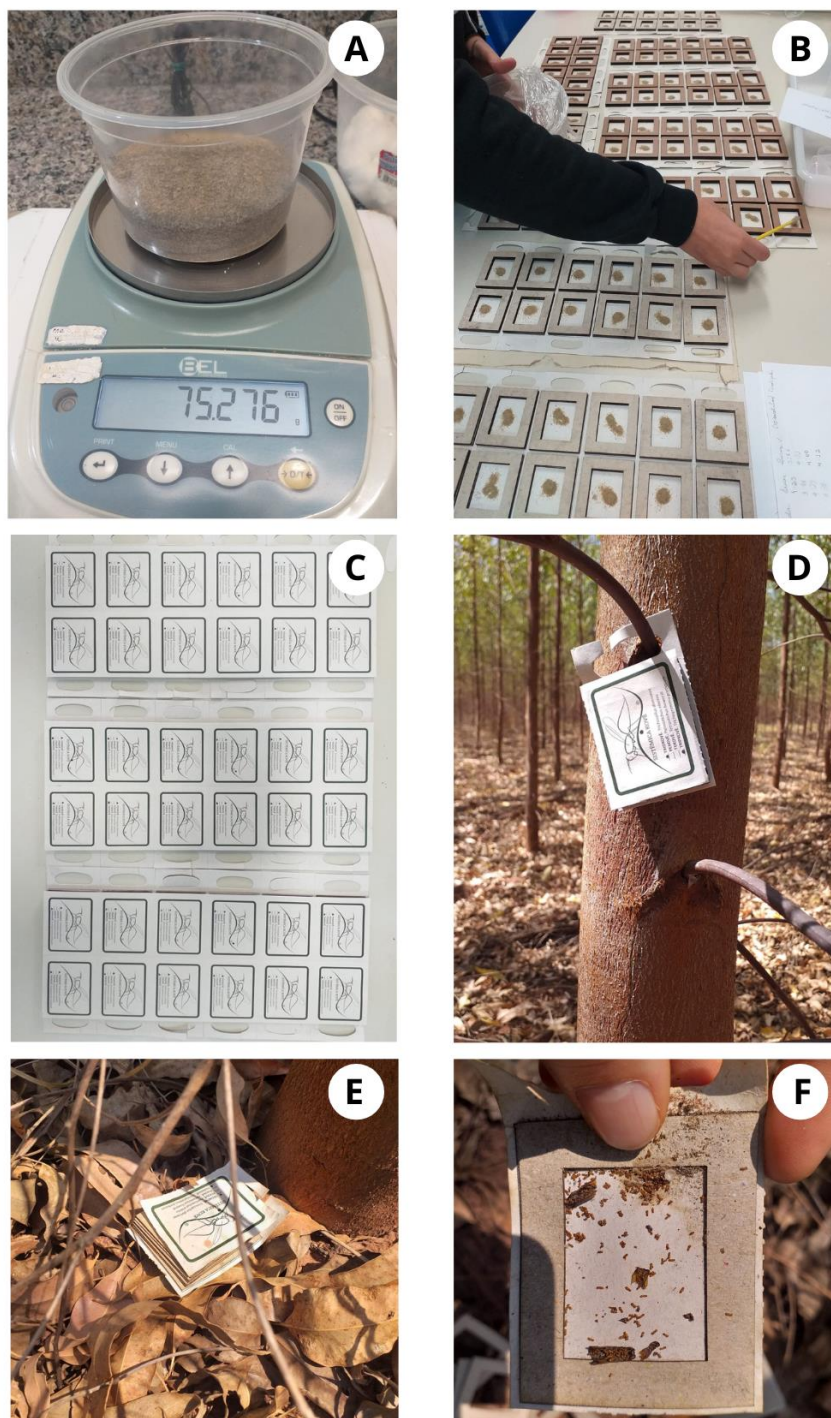
Anexo 1. (A). Desfolha em plantios de eucalipto por *Iridopsis panopla* em Mato Grosso do Sul (PEREIRA, F. F.); **(B)** Mariposa *I. panopla* em caule de eucalipto em MS (PEREIRA, F. F.); **(C)** Ovo escuro indicando parasitismo por *Trichogramma pretiosum* e ovo branco após eclosão (PEREIRA, F. F.); **(D)** Periderme de eucalipto ampliada sob lupa; **(E)** Ovo parasitado visto na lupa (ARAÚJO, H. M.).



Anexo 2. (A, B, C) Montagem do experimento com *Trichogramma pretiosum* em diferentes densidades de ovos de *Iridopsis panopla*; **(D)** Detalhes do experimento; **(E)** Longevidade de *T. pretiosum* em ovos de *I. panopla*; **(F)** Experimento concluído.



Anexo 3. (A) Dietas para reprodução de *Ephestia kuehniella*; (B) Mariposas de *E. kuehniella* provenientes das dietas aos 45 dias; (C e D) Detalhes de gaiolas de oviposição; (E) Pesagem de ovos de *E. kuehniella*.



Anexo 4. (A) Pesagem de ovos de *Ephestia kuehniella* parasitados por *Trichogramma pretiosum*; (B) Dosagem dos ovos de *E. kuehniella* parasitados por *T. pretiosum* em berçários; (C) Berçários fechados prontos para liberação em campo; (D, E e F) Liberação dos berçários no campo.



Anexo 5. (A, B e C) Embalagem em cápsulas de amido; **(D e E)** Cápsulas prontas para liberação em plantações de eucalipto; **(F, G, H e I)** Cápsulas sete dias após a liberação na plantação de eucalipto.



Anexo 6. Trabalhos de campos, treinamentos, consultorias e divulgação de resultados científicos realizados em colaboração com empresas parceiras da Associação Sul-Mato-Grossense de Produtores e Consumidores de Florestas Plantadas (REFLORE-MS).