

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Departamento de Entomologia e Acarologia

Efeito do fotoperíodo no parasitismo de *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023
(Hymenoptera: Braconidae) em lagartas de *Spodoptera cosmioides* (Walker,
1858) (Lepidoptera: Noctuidae)

Heloisa Schincariol

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheira
Agrônoma

Piracicaba

2025

Heloisa Schincariol

**Efeito do fotoperíodo no parasitismo de *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 (Hymenoptera:
Braconidae) em lagartas de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera:
Noctuidae)**

Orientador(a): **PROF. DR. JOSÉ ROBERTO POSTALI
PARRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheira Agrônoma

**Piracicaba
2025**

SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVOS	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Criação de <i>Spodoptera cosmioides</i> (Walker, 1858).....	8
3.2 Criação de <i>Aleiodes ceres</i> Shimbori, 2023.....	8
3.3 Efeito do fotoperíodo em parâmetros biológicos de <i>Aleiodes ceres</i> Shimbori, 2023.....	9
3.4 Análise estatística.....	10
4 RESULTADOS.....	11
5 DISCUSSÃO.....	15
6 CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS.....	19

RESUMO

A espécie *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) é uma das principais pragas que reduzem a produtividade na cultura da soja. A utilização do controle biológico com o uso de agentes macrobiológicos demonstra ser uma solução eficaz no manejo dessa espécie, sem ocasionar impactos negativos. A espécie *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 é um parasitoide larval específico do complexo *Spodoptera* com elevada taxa de parasitismo. Entretanto, torna-se necessário avaliar a influência de fatores abióticos no parasitismo dessa espécie visando compreender a sua biologia para determinação do melhor zoneamento desse bioagente. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa será avaliar o efeito do fotoperíodo nos parâmetros biológicos de *A. ceres* na espécie *S. cosmioides*. Os insetos foram provenientes da criação estoque mantida em laboratório em condições controladas (temperatura de 25 ± 2 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo (5 fotoperíodos x 2 tipos de dieta x 2 tempos de exposição). Os tratamentos foram 12:12, 14:10, 10:14, 24:0, 0:24 (L:E), em dieta artificial e dieta natural, e com o tempo de exposição de 24 e 48 horas. Cada tratamento constou de 4 repetições e o experimento foi repetido 4 vezes no tempo, cada unidade experimental foi composta por um casal de *A. ceres* e 15 lagartas de 2º instar de *S. cosmioides*. Adultos de *A. ceres* recém emergidos foram mantidos por 48 h para acasalamento e após esse período foram oferecidos às lagartas. Após o período de exposição, as lagartas foram individualizadas. A avaliação do parasitismo foi realizada após 7 dias após a exposição (DAE), enquanto a razão sexual e sobrevivência após 9 DAE. Os dados foram analisados pelo software R. Os resultados demonstraram estatisticamente que a dieta natural resultou em níveis de parasitismo significativamente maiores do que a dieta artificial entre os diferentes fotoperíodos. O tempo de exposição afetou a taxa de parasitismo, sendo que o período de 48 horas (73,8%) foi superior a 24 horas (48,9%). Por outro lado, a viabilidade foi afetada apenas pelo tempo de exposição, sendo que o tratamento 48 horas apresentou a maior taxa de emergência. Entretanto, nenhum dos fatores influenciou a razão sexual, não havendo diferença estatística entre os tratamentos. Baseando-se no objetivo do trabalho, verificou-se que o melhor fotoperíodo para o parasitismo de *A. ceres* criado em *S. cosmioides* foi 14:10, ou seja, 14 horas de fotofase.

Palavras-chave: controle biológico; parasitoide; fotoperíodo; *Aleiodes ceres*; *Spodoptera cosmioides*

ABSTRACT

The species *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) is one of the main pests that reduce productivity in soybean crops. The use of biological control with macrobiological agents has proven to be an effective solution for managing this species without causing negative impacts. The species *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 is a larval parasitoid specific to the *Spodoptera* complex, with a high parasitism rate. However, it is necessary to evaluate the influence of abiotic factors on the parasitism of this species in order to understand its biology and determine the best zoning for this bioagent. Therefore, the objective of this research will be to evaluate the effect of photoperiod on the biological parameters of *A. ceres* in the species *S. cosmioides*. The insects originated from a stock colony maintained in the laboratory under controlled conditions (temperature of 25 ± 2 °C, RH of $60 \pm 10\%$, and 14-hour photophase). The experiment was conducted in a completely randomized design in a triple factorial scheme (5 photoperiods \times 2 diet types \times 2 exposure times). The treatments were 12:12, 14:10, 10:14, 24:0, and 0:24 (L:D), using artificial and natural diets, with exposure periods of 24 and 48 hours. Each treatment consisted of 4 replicates, and the experiment was repeated 4 times over time. Each experimental unit consisted of one pair of *A. ceres* and 15 second-instar larvae of *S. cosmioides*. Newly emerged adults of *A. ceres* were kept for 48 hours for mating, and after this period they were offered to the larvae. After the exposure period, the larvae were individualized. Parasitism evaluation was performed 7 days after exposure (DAE), while sex ratio and survival were assessed at 9 DAE. Data were analyzed using R software. The results showed statistically that the natural diet resulted in significantly higher parasitism levels than the artificial diet across the different photoperiods. Exposure time affected the parasitism rate, with the 48-hour period (73.8%) being higher than 24 hours (48.9%). On the other hand, viability was affected only by exposure time, with the 48-hour treatment showing the highest emergence rate. However, none of the factors influenced the sex ratio, with no statistical difference among treatments. Based on the objective of the study, it was found that the best photoperiod for the parasitism of *A. ceres* reared on *S. cosmioides* was 14:10, that is, 14 hours of photophase.

Keywords: biological control; parasitoid; photoperiod; *Aleiodes ceres*; *Spodoptera cosmioides*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores de alimentos no mundo, por apresentar condições climáticas favoráveis e vasta disponibilidade de terras. No setor agropecuário, a produção de soja se sobressai globalmente pela produtividade, com o Brasil liderando a produção mundial, seguido pelos Estados Unidos da América e Argentina (FAO, 2023). A sua importância está associada tanto ao elevado valor nutricional quanto à sua versatilidade de uso, sendo destinado à alimentação humana, à produção de óleo vegetal e à ração animal, o que a torna uma das culturas com maior impacto econômico (Palacios-Rojas et al., 2020; Pozebon et al., 2022). Entretanto, apesar do aumento na produção nos últimos anos, a cultura é prejudicada pelo ataque de diferentes ordens de pragas, em especial lepidópteros e hemípteros, que impactam negativamente no desempenho produtivo (Hurley & Mitchell, 2020).

Entre as principais pragas na agricultura brasileira, destacam-se as lagartas do complexo *Spodoptera* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae), pois possuem ampla distribuição geográfica no país. Dentro desse gênero, a espécie *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) é considerada como praga-chave na cultura. As lagartas possuem hábito de cortar plantas jovens e apresentam alto potencial de desfolhação, associada à sua elevada capacidade de adaptação a cultivares geneticamente modificadas e rápido crescimento populacional, assim, exigem a adoção de estratégias de controle a fim de evitar perdas na produtividade (Bernardi et al., 2014; Silva et al., 2017; Machado et al., 2020; Páez Jerez et al., 2022).

O manejo dessa praga é realizado, principalmente, mediante o uso de inseticidas sintéticos, o que tem ocasionado diversos impactos ambientais, riscos à saúde humana e seleção de indivíduos resistentes a diversos grupos de moléculas (Lutz et al., 2018; Machado et al., 2020; Godoy et al., 2022; Rocha et al., 2025). Nesse panorama, visando aos modelos de produção agrícola mais sustentáveis, a adoção de outras medidas dentro do manejo integrado de pragas (MIP) torna-se fundamental para o controle.

O controle biológico (CB) é uma das principais estratégias eficazes no MIP em larga escala, pois, ao promover o uso de predadores naturais, parasitoides ou patógenos específicos, contribui para a manutenção do equilíbrio ecológico e da biodiversidade do agroecossistema. A utilização desses bioagentes reduz a probabilidade de desenvolvimento de resistência por parte das pragas e podem auxiliar no controle de populações já resistentes em determinadas áreas (Parra, 2023). O CB é considerado uma solução de longo prazo, uma vez que muitos inimigos naturais se estabelecem e se reproduzem, mantendo o nível populacional de pragas

abaixo do dano econômico de forma contínua (Tawfeeq Al-Ani et al., 2020; Stenberg et al., 2021). Ademais, ressalta-se que também pode ser utilizado com todas as outras medidas e técnicas de controle do MIP. Entretanto, apesar da sua significância, o número ainda limitado de agentes de controle registrados para uso comercial constitui um dos principais desafios para a expansão do controle biológico no Brasil (Parra & Coelho Junior, 2019).

Um dos agentes de controle biológico já conhecido para o complexo *Spodoptera* é o parasitoide *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 (Hymenoptera: Braconidae), que atua parasitando lagartas desse grupo. Recentemente, essa espécie foi coletada e descrita como um promissor agente de controle para o complexo (Shimbori et al., 2023; Santos et al., 2025), sendo caracterizada como um endoparasitoide solitário e cenobionte (Shar, 2006; Abreu et al., 2014), cujo desenvolvimento larval ocorre enquanto o hospedeiro permanece vivo, sendo morto apenas ao final desse processo. Assim como observado em outras espécies do gênero, o parasitismo resulta na mumificação da lagarta, que endurece antes da pupação e permanece aderida à planta devido às substâncias excretadas via hospedeiro (Shaw, 2006). O registro ocorreu em uma região de clima mais frio do país, em São José dos Pinhais, Paraná, sobre lagartas jovens de *S. cosmioides*, *S. eridania* e *S. frugiperda* (Shimbori et al., 2023).

Entre os fatores ambientais que podem influenciar o desempenho de parasitoides e a sua relação com o seu hospedeiro, a luz se destaca como um dos mais relevantes. Compreender a interação do fotoperíodo sobre aspectos biológicos e o parasitismo é essencial para otimizar a criação massal desse inimigo natural e, conseqüentemente, aprimorar programas de controle biológico do complexo *Spodoptera*. A implementação bem-sucedida de um programa desse tipo depende de um sistema de criação bem estruturado, capaz de produzir milhões de insetos benéficos de forma eficiente em recursos, espaço e tempo (Wang et al., 2019; Finney & Fisher, 1964). A eficiência produtiva e os custos envolvidos, portanto, são fatores determinantes para o avanço da indústria de controle biológico (Parra, 2010).

Apesar dos avanços na compreensão da biologia de parasitoides, ainda existe uma carência significativa de estudos dedicados a investigar os efeitos do fotoperíodo sobre esses insetos. A maior parte das pesquisas concentra-se em fatores como temperatura e umidade relativa, enquanto o fotoperíodo e seu papel no comportamento, desenvolvimento e parasitismo permanece pouco explorado (Parra & Coelho Junior, 2022). No caso de parasitoides larvais, essa falta de informação é ainda mais evidente, indicando a necessidade de estudos que considerem esse fator ambiental em sua biologia e potencial de controle. Diante disso, o

presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do fotoperíodo sobre o parasitismo, a razão sexual e a viabilidade de *A. ceres* em lagartas de *S. cosmioides*.

2 OBJETIVOS

Avaliar o efeito do fotoperíodo no parasitismo, na razão sexual e na viabilidade de *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 em lagartas de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858), visando contribuir para o entendimento da biologia do parasitoide e subsidiar estratégias de zoneamento e seu uso no controle biológico de *S. cosmioides*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Criação de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858)

Foram mantidas as criações do lepidóptero *S. cosmioides* na dieta artificial proposta por Greene et al. (1976), utilizando-se feijão branco, seguindo a metodologia de criação proposta por Parra (2015). Os insetos foram criados sob condições controladas de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas, sendo parte destinada ao desenvolvimento das lagartas e parte à manutenção dos adultos.

Inicialmente, a inoculação foi realizada utilizando-se cartelas com posturas suspensas em copos descartáveis de 400 mL, contendo 10 mL de dieta artificial formulada segundo Greene et al. (1976), destinada à alimentação das lagartas após a eclosão. As lagartas de terceiro instar foram então individualizadas em copos descartáveis de 50 mL, contendo 5 mL de dieta, e vedados com tampas acrílicas, permanecendo nessas condições até atingirem o estágio de pupa.

Para a manutenção dos adultos, foram utilizadas gaiolas confeccionadas em tubos de PVC, medindo 20 cm de altura \times 10 cm de diâmetro. As paredes internas foram revestidas com folhas de papel sulfite branca, e um leque de sulfite foi colocado no centro, servindo como substrato para a oviposição. Foi ainda disponibilizado um recipiente com um disco de algodão embebido em solução de mel a 10% para a alimentação dos adultos. As posturas foram coletadas diariamente, tanto para suprir a demanda experimental quanto para assegurar a manutenção contínua da criação.

3.2 Criação de *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023

Para a criação e manutenção de *A. ceres*, os adultos foram mantidos em gaiolas de 30 x 27 x 25 cm, revestidas com tela antiafídeo (0,87 mm). Foi disponibilizado rolo dental umedecido com água destilada e mel, como fonte de umidade e alimento, respectivamente.

As lagartas oferecidas ao parasitismo foram provenientes da criação de laboratório de *S. cosmioides*, alimentadas com dieta artificial. A manutenção das gaiolas dos parasitoides foi realizada a cada 48 horas, garantindo condições adequadas de higiene e reposição de alimento.

Os hospedeiros parasitados foram mantidos em recipientes de polietileno de 200 mL, contendo dieta artificial para as lagartas, uma vez que o parasitoide é cenobionte. Após o término do estágio larval, as pupas de *A. ceres* foram transferidas para recipientes de 50 mL até a emergência dos adultos, que então foram reintroduzidas nas gaiolas de criação para a

continuidade do ciclo. De modo geral, foi adotado a metodologia utilizada por Santos et al. (2024).

3.3 Efeito do fotoperíodo em parâmetros biológicos de *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023

Para avaliar o efeito do fotoperíodo na capacidade de parasitismo de *A. ceres*, utilizou-se o equipamento desenvolvido por Parra et al. (2010), que permitiu o controle de diferentes fotoperíodos (Figura 1). Os experimentos foram conduzidos na temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de 70 ± 10 %. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo (5 fotoperíodos x 2 tipos de dietas x 2 tempos de exposição). Os fotoperíodos testados foram 12:12, 14:10, 10:14, 24:00 e 00:24 (L:E), avaliados em dieta natural e artificial, com tempos de exposição de 24 e 48 horas. Cada tratamento consistiu em 4 repetições sendo composta por 1 casal de parasitoide (com idade de 48 horas) juntamente com 15 lagartas de segundo instar de *S. cosmioides*; o experimento foi realizado quatro vezes no tempo.



Figura 1: Equipamento desenvolvido por Parra et al (2010) para estudos de fotoperíodo no desenvolvimento de insetos, dividido em 6 compartimentos individualizados.

Os casais foram acondicionados em tubo de vidro de fundo chato (1,5 x 6 cm) vedados com plástico filme PVC, contendo em seu interior mel onde foram mantidos em câmara incubadora climatizada ($25 \pm 1^\circ \text{C}$; $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas) por 48 horas para o acasalamento e maturação dos ovos. Em seguida, os casais foram transferidos para as gaiolas (caracterizada como copo plástico de 500 ml invertido) contendo mel para os parasitoides e a dieta natural (folhas de soja da cultivar IAC Foscarin) ou artificial (dieta de Greene et al. (1976)) para as lagartas. As lagartas hospedeiras foram oferecidas ao parasitismo por 24 ou 48 horas.

Após esse período, as lagartas foram removidas e individualizadas em copo plástico de 50 mL contendo dieta artificial. Ao fim dos experimentos, foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: capacidade de parasitismo (nº de lagartas parasitadas), viabilidade de emergência (%) e razão sexual (rs) [$rs = \text{n}^\circ \text{ de fêmeas} / (\text{n}^\circ \text{ de fêmeas} + \text{n}^\circ \text{ de machos})$].

3.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando um modelo misto beta-binomial (glmmTMB), considerando fotoperíodo, dieta e horas de exposição como efeitos fixos e bloco como efeito aleatório. Interações foram avaliadas via ANOVA tipo III. As comparações múltiplas entre médias foram realizadas com estimativas marginais (EMMeans), ajustadas pelo método de Tukey. Todas as análises foram realizadas pelo software R (R CORE TEAM 2024).

4 RESULTADOS

Investigando as interações fotoperíodo, tempo de exposição e dieta constatou-se que foram significativos o fotoperíodo ($\chi^2 = 12.44$; GL = 4, $p = 0.014$), tempo de exposição ($\chi^2 = 4.32$; GL = 1, $p = 0.037$) e a interação fotoperíodo \times dieta ($\chi^2 = 9.57$; GL = 4, $p = 0.048$). Diante disso, procedeu-se ao desdobramento nas combinações entre fotoperíodo \times dieta, além do efeito do tempo de exposição.

O desdobramento da interação dieta e fotoperíodo mostrou que, para a maioria das condições, a dieta natural resultou em níveis de parasitismo significativamente maiores que a dieta artificial. No fotoperíodo 00L:24E, o parasitismo foi de $68,70 \pm 5,30\%$ para a dieta natural e $49,40 \pm 6,14\%$ para a artificial. No fotoperíodo 10L:14E, os valores foram $72,70 \pm 4,65\%$ e $37,70 \pm 6,10\%$, respectivamente; no 12L:12E, $71,80 \pm 4,94\%$ versus $54,20 \pm 5,74\%$; e no 24L:00E, $73,30 \pm 5,00\%$ versus $47,90 \pm 5,94\%$. A única exceção ocorreu no fotoperíodo 14L:10E, em que não houve diferença significativa entre as dietas (natural $76,10 \pm 4,64\%$; artificial $63,00 \pm 5,60\%$) (Figura 2).

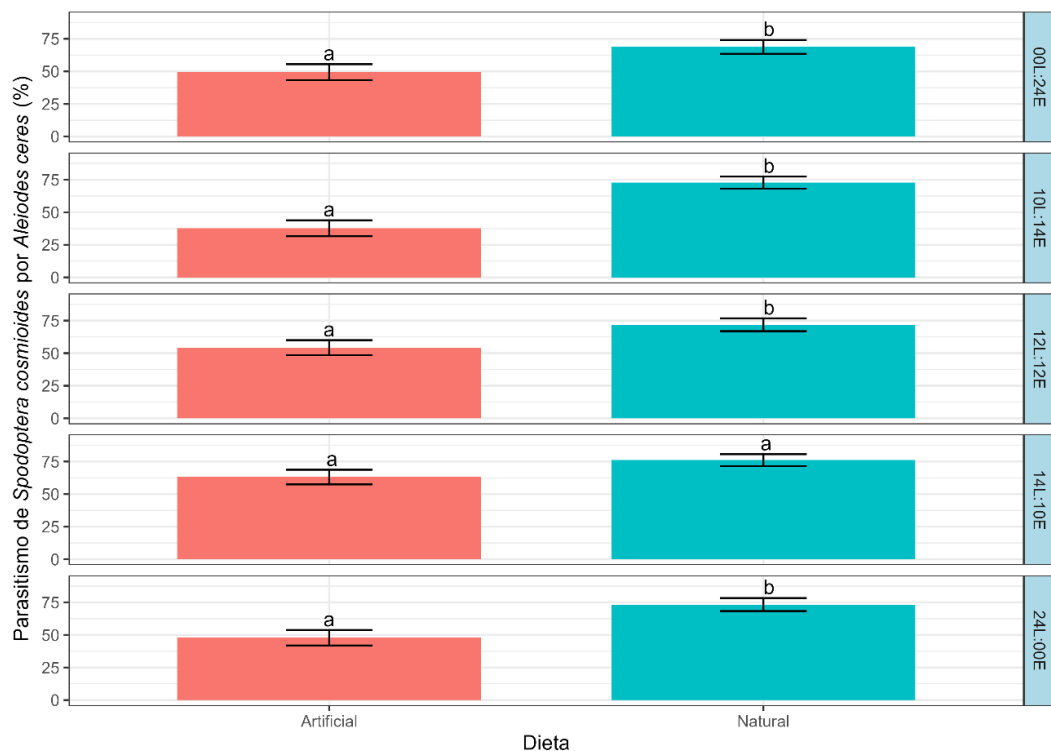


Figura 2. Parasitismo (%) \pm erro padrão (EP) de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) por *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 influenciado pelo efeito da dieta artificial e natural em relação a cada fotoperíodo (00L:24E, 10L:14E, 12L:12E, 14L:10E, 24L:00E) à 25 ± 2 °C e 70 % UR. Letras minúsculas representam diferenças entre dietas para cada fotoperíodo com nível de significância de 5%.

O desdobramento da interação fotoperíodo e dieta mostrou que, para a dieta artificial, o parasitismo variou significativamente entre alguns fotoperíodos. O menor parasitismo foi observado em 10L:14E ($37,7 \pm 6,1\%$), enquanto o maior ocorreu em 14L:10E ($63,0 \pm 5,6\%$). Fotoperíodos intermediários, como 24L:00E ($47,9 \pm 5,9\%$), 00L:24E ($49,4 \pm 6,1\%$) e 12L:12E ($54,2 \pm 5,7\%$), não diferiram estatisticamente entre si. Já para a dieta natural, não foram observadas diferenças significativas entre os fotoperíodos: o parasitismo variou de $68,7 \pm 5,3\%$ (00L:24E) a $76,1 \pm 4,6\%$ (14L:10E) (Figura 3).

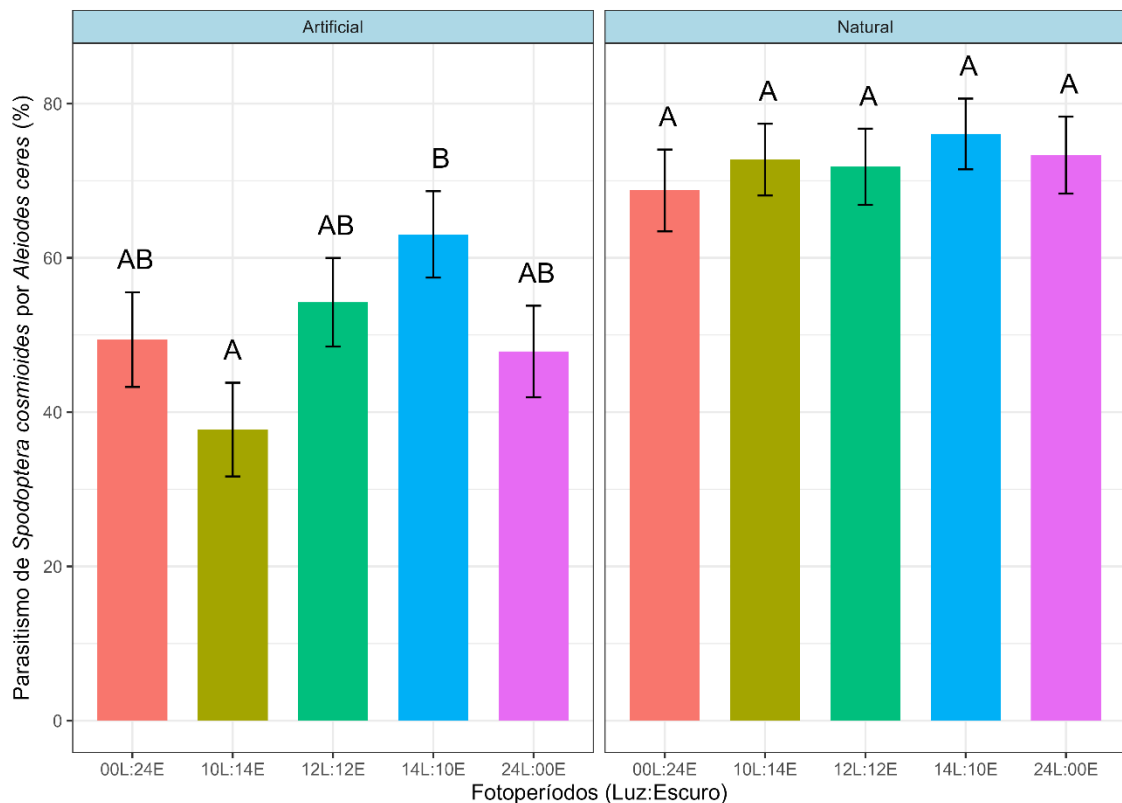


Figura 3. Parasitismo (%) \pm erro padrão (EP) de *S. cosmioides* por *A. ceres* influenciado pelo efeito do fotoperíodo (00L:24E, 10L:14E, 12L:12E, 14L:10E, 24L:00E) em relação às dietas natural e artificial a 25 ± 2 °C e 70 % UR. Letras maiúsculas representam diferenças entre fotoperíodo para cada dieta com nível de significância de 5%.

Ao analisar o fator tempo de exposição isolado, constatou-se significância entre 24 horas e 48 horas. Observou-se que, após 24 horas, a taxa média de parasitismo foi de $48,90 \pm 2,63\%$, enquanto após 48 horas aumentou para $73,80 \pm 2,30\%$ (Figura 4).

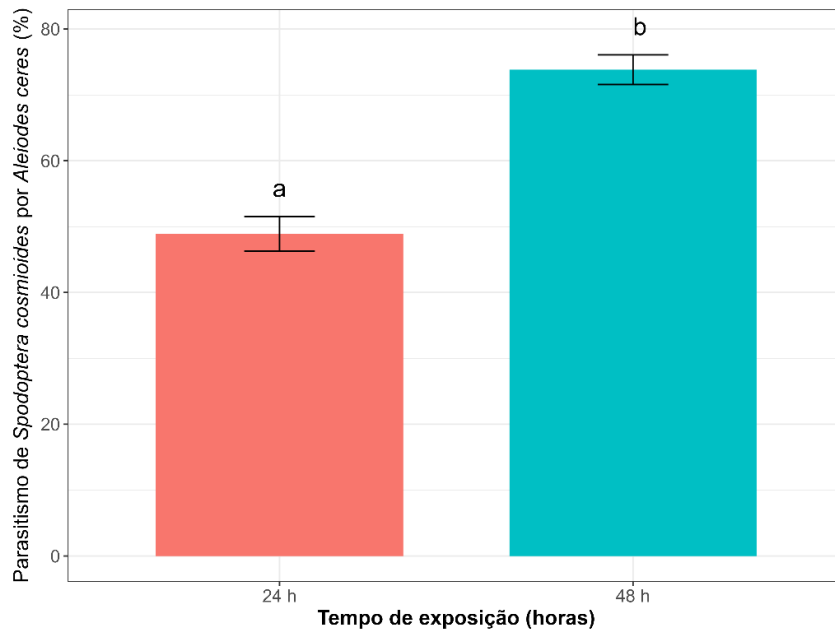


Figura 4. Parasitismo (%) \pm erro padrão (EP) de *S. cosmioides* por *A. ceres* influenciado pelo tempo de exposição (24 horas e 48 horas) à 25 ± 2 °C e 70 % UR. Letras minúsculas representam diferenças entre os tempos de exposição com nível de significância de 5%.

A viabilidade de emergência de *A. ceres* não foi afetada pelos fatores fotoperíodo ($\chi^2 = 6,43$; GL = 4, $p = 0.17$) e dieta ($\chi^2 = 0,28$; GL = 1, $p = 0.59$). Entretanto, o tempo de exposição afetou significativamente a emergência ($\chi^2 = 3,90$; GL = 4; $p = 0.048$). A exposição por 48 horas resultou em uma viabilidade ligeiramente maior ($92,63 \pm 0,84$ %) em comparação com 24 horas ($87,88 \pm 1,28$ %) (Figura 5).

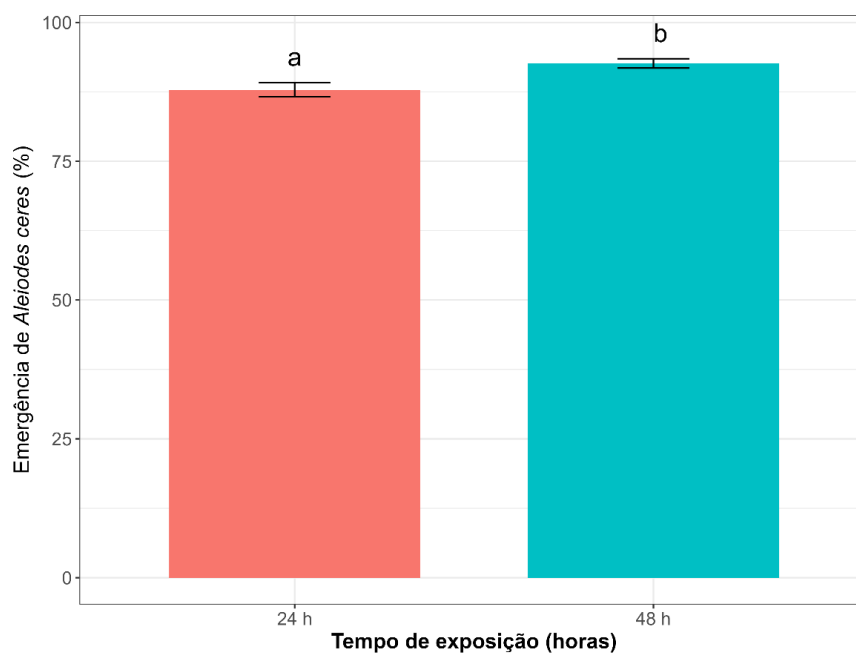


Figura 5. Emergência (%) \pm EP de *A. ceres* influenciado pelo tempo de exposição (24 horas e 48 horas) à 25 ± 2 °C e 70 % UR. Letras minúsculas representam diferenças entre os tempos de exposição com nível de significância de 5%.

A razão sexual não foi afetada pelos fatores fotoperíodo ($\chi^2 = 1,69$; GL = 4, $p = 0,79$), tempo de exposição ($\chi^2 = 0,005$; GL = 1, $p = 0,94$) ou tipo de dieta ($\chi^2 = 0,66$; GL = 1, $p = 0,41$), nem pelas interações destes fatores ($\chi^2 = 1,88$; GL = 4, $p = 0,75$), variando entre $0,20 \pm 0,04$ a $0,39 \pm 0,06$ (Tabela 1).

Tabela 1. Razão sexual \pm erro padrão (EP) de *A. ceres* influenciada por diferentes fotoperíodos, dieta e tempo de exposição à 25 ± 2 °C e 70 % UR.

Fotoperíodo	Dieta	Horas de exposição	
		24 horas	48 horas
Razão sexual (%) \pm EP*			
10L:14E	Artificial	0,29 \pm 0,06	0,32 \pm 0,05
	Natural	0,20 \pm 0,04	0,39 \pm 0,05
00L:24E	Artificial	0,31 \pm 0,06	0,31 \pm 0,05
	Natural	0,25 \pm 0,04	0,32 \pm 0,05
24L:00E	Artificial	0,33 \pm 0,06	0,33 \pm 0,05
	Natural	0,28 \pm 0,05	0,26 \pm 0,04
12L:12E	Artificial	0,32 \pm 0,06	0,24 \pm 0,05
	Natural	0,26 \pm 0,04	0,31 \pm 0,05
14L:10E	Artificial	0,39 \pm 0,06	0,33 \pm 0,05
	Natural	0,22 \pm 0,04	0,26 \pm 0,04

* Não houve diferença significativa para os fatores com interação e sem interação.

EP: Erro padrão, L: Luz, E: Escuro

5 DISCUSSÃO

A relação entre o parasitoide e seu hospedeiro envolve aspectos endócrinos, fisiológicos e comportamentais. Nessa interação, o parasitoide percorre etapas essenciais, como a localização da planta e do hospedeiro, sua aceitação, adequação e posterior regulação, determinantes para o sucesso do parasitismo (Zilahi-balogh et al., 2006). Assim, estudos sobre as respostas sensoriais dos insetos são fundamentais para compreender como a capacidade de busca e o comportamento dos parasitoides influenciam essas interações (Campos & Araújo, 1994; Silva et al., 2006; Fatouros et al., 2008). Nesse contexto, o presente estudo é o primeiro relato sobre a influência e a relação entre o fotoperíodo, tipo de dietas (natural ou artificial) e ao tempo de exposição no parasitismo de *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 em lagartas de segundo instar de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858), as mais adequadas para parasitismo (Santos et al., 2024).

Os resultados obtidos evidenciam que o fotoperíodo e o tipo de dieta fornecida ao hospedeiro afetaram a taxa de parasitismo e os padrões biológicos do parasitoide. Os insetos pecilotérmicos, como por exemplo os parasitoides, têm seu metabolismo profundamente influenciado por fatores abióticos, como temperatura, umidade, fotoperíodo e intensidade luminosa. Essas variáveis podem afetar desde o desenvolvimento e longevidade até a eficiência de busca e a taxa de parasitismo, conforme demonstrado com outras espécies pertencentes ao grupo Braconidae (Mbata et al., 2021; Yang et al., 2025). Isso ocorre porque os ciclos diários de luz regulam os padrões de atividade de muitas espécies de insetos e alterações no regime luminoso podem afetar direta e indiretamente as interações de espécies, sendo o aumento da atividade diária de parasitoides sob fotoperíodos mais longos, resultando em maiores taxas de ataques um possível mecanismo de adaptação biológica para esses efeitos (Gu, Snell & Yang, 2010; Zilahi-Balogh et al., 2006).

Os resultados demonstraram que o tempo de exposição teve influência expressiva no parasitismo, sendo observado um aumento significativamente maior quando o tempo de exposição foi ampliado de 24 para 48 horas, indicando que períodos curtos, podem não ser suficientes para permitir que as fêmeas expressem seu potencial de busca e oviposição. Esse padrão é coerente com os resultados relatados por Ullah et al. (2021) ao mencionarem que o aumento do tempo de exposição elevou a taxa de parasitismo de *Dirhinus giffardii* em pupas de *Zeugodacus cucurbitae* e *Bactrocera dorsalis*, com maior parasitismo após 48 horas, seguido por 72 e 24 horas. Resultados similares foram observados com outras espécies de Braconidae,

sugerindo que os parasitoides dessa família necessitam de maior tempo em contato com o hospedeiro visando maior taxa de parasitismo (Turlingset al., 1990; Van Nieuwenhove et al., 2012; Laspina et al., 2018).

A interação do tempo de exposição e dieta utilizada pelo hospedeiro reforça que a qualidade nutricional e química do hospedeiro é crucial para o sucesso do parasitoide. Estudos anteriores mostram que parasitoides respondem intensamente a voláteis liberados por plantas danificadas pelo herbívoro, sendo mais atraídos por folhas lesionadas do que por folhas intactas (Turlings et al., 1990; Dicke et al., 1993). Hospedeiros criados exclusivamente em dieta artificial, por não apresentarem esses compostos, tendem a ser menos atrativos, o que ajuda a explicar os padrões observados neste trabalho.

Um possível mecanismo adicional que pode explicar o maior parasitismo observado em lagartas alimentadas com dieta natural é a liberação de voláteis associadas tanto à planta hospedeira quanto ao “frass” produzido pelas lagartas. Quando a lagarta consome material de origem vegetal, seu “frass” passa a conter compostos derivados da planta que podem atuar como pistas químicas adicionais para o parasitoide. Assim, é possível que voláteis específicos liberados pela planta ou pelo “frass” de lagartas alimentadas em dieta natural aumentem a atratividade de *A. ceres*, favorecendo o parasitismo. Essa hipótese é coerente com estudos que mostram que parasitoides respondem fortemente a sinais químicos provenientes de plantas danificadas ou de resíduos de alimentação do hospedeiro (Turlings et al., 1990).

Odores de subprodutos do hospedeiro, como “frass”, sedas e casulos, frequentemente atuam como caimônios, beneficiando os inimigos naturais ao facilitar a localização do hospedeiro (Ha et al., 2006; Sime, 2002). As fezes, em especial, são amplamente reconhecidas como pistas confiáveis para parasitoides na busca por presas/hospedeiros (Agelopoulos et al., 1995; Weiss, 2006). Além disso, estudos revelam que tecidos foliares ingeridos presentes tanto no corpo do hospedeiro quanto no “frass” desempenham um papel adicional na atração de inimigos naturais (Reddy et al., 2002; Radachandran et al., 1991; Weinhold & Baldwin, 2001). Em alguns sistemas, a atratividade das fezes depende inteiramente da presença desses tecidos vegetais ingeridos, de modo que o “frass” proveniente de dietas artificiais, isentas de material vegetal, não é atraente para parasitoides (Ramachandran et al., 1991).

Em relação aos parâmetros biológicos de *A. ceres*, as variáveis fotoperíodo e tipo de dieta do hospedeiro não afetaram a viabilidade do parasitoide. Embora o fotoperíodo possa influenciar o comportamento de busca, a oviposição e até ritmos fisiológicos do parasitoide,

esses efeitos tendem a ocorrer apenas no período imediato ao parasitismo (Zilahi-balogh et al., 2006; Chen et al., 2021; Yang et al., 2025). Como todo o desenvolvimento imaturo do parasitoide ocorreu em condições homogêneas, eventuais diferenças iniciais foram neutralizadas ao longo do desenvolvimento, resultando em viabilidades semelhantes entre os tratamentos. Nessa mesma conjuntura, o tipo de dieta oferecida aos hospedeiros antes do parasitismo não influenciou na sobrevivência, pois o desenvolvimento do parasitoide depende majoritariamente da qualidade do hospedeiro, o qual foi constante entre os tratamentos, todas mantidas com dieta artificial. Entretanto, o tempo de exposição do hospedeiro para oviposição pode influenciar a qualidade do parasitismo inicial, refletindo-se na emergência, mesmo quando todas as demais condições ambientais são padronizadas durante o desenvolvimento.

A maior taxa de emergência após 48 horas de exposição está associada a maior oportunidade para a fêmea localizar e parasitar adequadamente os hospedeiros. Portanto, essa relação pode afetar a dinâmica populacional do parasitoide e hospedeiro em campo, devido a relação complexa de dependência entre ambos, pois caso haja uma maior taxa de emergência haverá provavelmente uma possível competição entre as fêmeas o que pode resultar em um superparasitismo (Cobbold et al., 2009). Ademais, o tempo de vida da fêmea também pode influenciar na viabilidade, pois implica no maior desenvolvimento do seu sistema reprodutor (Askar & El-Hussieni, 2015). Entretanto, ressalta-se que o aumento no tempo de exposição pode afetar negativamente o parasitismo, pois o hospedeiro pode realizar mudança de instar e deixando de ser preferência ou adequado para o parasitoide.

Apesar de fatores abióticos e bióticos afetarem a razão sexual de parasitoides, nenhuma das variáveis demonstrou ter influência sobre a espécie *A. ceres*. Entretanto, estudo conduzido por Cochard et al. (2019), demonstrou que o comprimento de onda (azul ou vermelho) influencia diretamente na razão sexual de *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae), indicando que o maior tempo de exposição a luz azul aumenta na proporção de emergência de fêmeas, enquanto a vermelha resultou em maior proporção de machos.

6 CONCLUSÃO

Com base no objetivo do trabalho, verificou-se que o fotoperíodo de 14:10 (L:E) resultou nas maiores taxas de parasitismo de *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023, em lagartas de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858). O fotoperíodo apresentou interação significativa com o tipo de dieta no parasitismo. Entretanto, o fotoperíodo não influenciou a viabilidade nem a razão sexual. Observou-se ainda que o parasitismo e a viabilidade do parasitoide variaram de acordo com o tempo de exposição (24 ou 48 horas) e com a dieta (natural ou artificial) utilizada na criação do hospedeiro.

REFERÊNCIAS

- Agelopoulos, N.G.; Dicke, M.; Posthumus, M.A. Role of volatile inforchemicals emitted by feces of larvae in host-searching behavior of parasitoid *Cotesia rubecula* (Hymenoptera: Braconidae): A behavioral and chemical study. *J. Chem. Ecol.* 1995, 21, 1789–1811
- Askar, Salama & El-Hussieni, Monir. (2015). Biological Aspects of the Aphid Parasitoid *Aphelinus albipodus* (Hayat & Fatima) (Hymenoptera: Aphelinidae) Parasitizing Mealy Plum Aphid *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Homoptera, Aphidoidea). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25, 619-623, 2015.
- Chen, Wanbin; Weng, Qingfen; Nie, Rui; Zhang, Hongzhi; Jing, Xiaoyu; Wang, Mengqing; Li, Yuyan; Mao, Jianjun; Zhang, Lisheng. Optimizing photoperiod, exposure time, and host-to-parasitoid ratio for mass-rearing of *Telenomus remus*, an egg parasitoid of *Spodoptera frugiperda*, on *Spodoptera litura* eggs. *Insects*, v. 12, n. 12, p. 1050, 2021. DOI: 10.3390/insects12121050.
- Cobbold CA, Roland J, Lewis MA (2009) The impact of parasitoid emergence time on host-parasitoid population dynamics. *Theor Popul Biol* 75:201–215
- Cochard, P.; Galstian, T.; Cloutier, C. The proportion of blue light affects parasitoid wasp behavior in LED-extended photoperiod in greenhouses: increased parasitism and offspring sex ratio bias. *Biological Control*, v. 133, p. 9–17, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.03.004>.
- Finney, G.L.; Fisher, T.W. Culture of entomophagous insects and their host. In *Biological Control of Insect Pests and Weeds*; DeBach, P., Sclinger, E.I., Eds.; Chapman & Hall Ltd.: London, UK, 1964; pp. 328–355.
- Godoy, D.N.; Pretto, V.E.; Weschenfelder, M.A.G.; de Almeida, P.G.; Wendt, A.d.F.; Palharini, R.B.; Reis, A.C.; Horikoshi, R.J.; Dourado, P.M.; Martinelli, S.; et al. Managing *Spodoptera* Species (Lepidoptera: Noctuidae) Found in Brazilian Soybean Fields with *Bt* Soybean and Insecticides. *Agronomy* 2022, 12, 2864.

<https://doi.org/10.3390/agronomy12112864>

Ha, D.-M.; Choi, S.-H.; Shim, J.-K.; Jung, D.-O.; Song, K.-S.; Nho, S.-K.; Lee, K.-Y. Behavioral attraction of two parasitoids, *Venturia canescens* and *Bracon hebetor*, to silk extracts of a host *Plodia interpunctella*. *J. Asia-Pac. Entomol.* 2006, 9, 287–292

Havill, N. P.; Hartl, B.; Bänz, S.; Eckstein, R.; Hanker, E. J. Compound effects of induced plant responses on insect herbivores and parasitoids. *Ecological Entomology*, v. 25, n. 3, p. 262–268, 2000.

Kehoe, Rachel; Sanders, Dirk; Cruse, Dave; Silk, Matthew; Gaston, Kevin J.; Bridle, Jon R.; Van Veen, Frank. *Longer photoperiods through range shifts and artificial light lead to a destabilizing increase in host-parasitoid interaction strength.* *Journal of Animal Ecology*, v. 89, n. 11, p. 2508-2516, 2020. DOI: 10.1111/1365-2656.13328.

LaSpina M, Pickett C, Daane KM, Hoelmer K, Blanchet A, Williams L. Effect of exposure time on mass-rearing production of the olive fruit fly parasitoid, *Psytalia lounsburyi* (Hymenoptera: Braconidae). *J Appl Entomol.* 2018; 142: 319–326. <https://doi.org/10.1111/jen.12478>

Lutz, A.L., Bertolaccini, I., Scotta, R.R., Curis, M.C., Favaro, M.A., Fernandez, L.N. and Sánchez, D.E. (2018), Lethal and sublethal effects of chlorantraniliprole on *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest. Manag. Sci.*, 74: 2817-2821. <https://doi.org/10.1002/ps.5070>

Machado, E.P., dos S Rodrigues Junior, G.L., Somavilla, J.C., Führ, F.M., Zago, S.L., Marques, L.H., Santos, A.C., Nowatzki, T., Dahmer, M.L., Omoto, C. and Bernardi, O. (2020), Survival and development of *Spodoptera eridania*, *Spodoptera cosmioides* and *Spodoptera albula* (Lepidoptera: Noctuidae) on genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins. *Pest Manag Sci*, 76: 4029-4035. <https://doi.org/10.1002/ps.5955>

Mbata, G.N.; Warsi, S.; Payton, M.E. Influence of Temperature and Photoperiod on the

Fecundity of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) and on the Paralysis of Host Larvae, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Insects* 2021, 12, 753. <https://doi.org/10.3390/insects12080753>

Páez Jerez, P.G., Hill, J.G., Pereira, E.J.G., Medina Pereyra, P. and Vera, M.T. (2022), The role of genetically engineered soybean and *Amaranthus* weeds on biological and reproductive parameters of *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Manag Sci*, 78: 2502-2511. <https://doi.org/10.1002/ps.6882>

Parra, J.R.P. Mass rearing of egg parasitoids for biological control programs. In *Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma*; Consoli, F.L., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2010; pp. 267–292.

Parra, José Roberto Postali et al. Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2024.

Parra JRP. Biological Control in Brazil: state of art and perspectives. *Sci agric* (Piracicaba, Braz) [Internet]. 2023;80:e20230080. Available from: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0080>

Parra, J.R.P.; Coelho, A., Jr. Insect Rearing Techniques for Biological Control Programs, a Component of Sustainable Agriculture in Brazil. *Insects* 2022, 13, 105. <https://doi.org/10.3390/insects13010105>

PARRA, José RP. Controle biológico na agricultura brasileira. *Entomological Communications*, v. 1, p. 2675-1305, 2019.

Parra, J.R.P.; Begiato, A. M.; Coelho Junior, A; Geremias, L. D.; Vasconcelos, G.R. (2010) Equipamento para estudar a influência do fotoperíodo sobre insetos em laboratório. In XXIII Congresso de Entomologia, 2010, Natal, RN. Resumos... Natal: emparn.

Queiroz, Elaine Moreira; Bellizzi, Nilton Cezar. Manejo do complexo de lagartas na cultura do

milho. 2018.

Ramachandran, R.; Norris, D.M.; Phillips, J.K.; Phillips, T.W. Volatiles mediating plant-herbivore-natural enemy interactions: Soybean looper frass volatiles, 3-octanone and guaiacol, as kairomones for the parasitoid *Microplitis demolitor*. *J. Agric. Food Chem.* 1991, 39, 2310–2317

Reddy, G.; Holopainen, J.; Guerrero, A. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. *J. Chem. Ecol.* 2002, 28, 131–143.

Rocha, F.A.D., Martinez, L.C., Lima, B.S.A. *et al.* Toxicological and morphological effects of the flubendiamide-based insecticide Belt® on the midgut of the *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) caterpillar. *Phytoparasitica* 53, 73 (2025). <https://doi.org/10.1007/s12600-025-01297-0>

Santos, J.R., Takahashi, T.A., Palma, G.R. *et al.* Parasitism by *Aleiodes ceres* Shimbori, 2023 (Hymenoptera: Braconidae) of three species of *Spodoptera* Guenée, 1852: effects of preferential instar and host diet. *BioControl* 70, 45–55 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10526-024-10287-w>

Shimbori, E.M., Takahashi, T.A., Watanabe, I.M. *et al.* A New Species of *Aleiodes* Wesmael (Braconidae, Rogadinae) with Potential for Biological Control of *Spodoptera* spp. (Lepidoptera, Noctuidae), and Notes on the Definition of the *gastritor*, *circumscriptus*, and Related Species-Groups. *Neotrop Entomol* 52, 1064–1087 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01076-8>.

Silva D., Bueno A., Stecca C., Andrade K., Neves P., and Oliveira M. 2017. Biology of *Spodoptera eridania* and *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. *Florida Entomologist*, 100: 752–760.

Sime, K.R. Experimental studies of the host-finding behavior of *Trogus pennator*, a parasitoid

of swallowtail butterflies. *J. Chem. Ecol.* 2002, 28, 1377–1392

Turlings, T.C.J., Scheepmaker, J.W.A., Vet, L.E.M. et al. How contact foraging experiences affect preferences for host-related odors in the larval parasitoid *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). *J Chem Ecol* 16, 1577–1589 (1990). <https://doi.org/10.1007/BF01014091>

Uçkan, F.; Er, A.; Gulel, A. The effects of different photoperiods on the parasitoid *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, v. 31, n. 1, p. 168–171, 2002.

Ullah, F.; Farooq, M.; Honey, S.F.; Zada, N. Parasitism potential of *Dirhinus giffardii* (Silvestri) (Hymenoptera: Chalcididae) on pupae of the fruit fly species, *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) and *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), during variable exposure durations. *Egypt. J. Biol. Pest Control* 2021, 31, 9.

Van Nieuwenhove G, Bezdjian L, Ovruski S. Effect of exposure time and ratio of hosts to female parasitoids on offspring production of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) larvae. *Fla Entomol.* 2012;95:99–104.

Yang, W., Li, X., Meng, F., Liu, T., Zhang, S. Effects of temperature, relative humidity, and photoperiod on life history of *Cotesia ruficrus* (Hymenoptera: Braconidae), an indigenous parasitoid of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Economic Entomology*, Volume 118, Issue 3, June 2025, Pages 1133–1145, <https://doi.org/10.1093/jee/toaf083>

Wang,Z.Z.; Liu, Y.Q.; Shi, M.; Huang, J.H.; Chen, X.X. Parasitoid wasps as effective biological control agents. *J. Integr. Agr.* 2019, 18, 705–715.

Weinhold, A.; Baldwin, I.T. Trichome-derived O-acyl sugars are a first meal for caterpillars that tags them for predation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2011, 108, 7855–7859

Weiss, M.R. Defecation behavior and ecology of insects. *Annu. Rev. Entomol.* 2006, 51, 635–

661.

Zilahi-balogh, G.M.G., Shipp, J. L., Cloutier, C., Brodeur, J. Influence of Light Intensity, Photoperiod, and Temperature on the Efficacy of Two Aphelinid Parasitoids of the Greenhouse Whitefly, *Environmental Entomology*, Volume 35, Issue 3, 1 June 2006, Pages 581–589, <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.3.581>