

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

LUIZ FELIPE PINHO MAIA NOVAIS

**SOBREVIVÊNCIA E REPRODUÇÃO DE *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera:  
Chrysopidae) ALIMENTADA COM DIETAS NATURAL E ARTIFICIAL TRATADAS  
COM INSETICIDAS**

Uberlândia

2023

LUIZ FELIPE PINHO MAIA NOVAIS

**SOBREVIVÊNCIA E REPRODUÇÃO DE *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera:  
Chrysopidae) ALIMENTADA COM DIETAS NATURAL E ARTIFICIAL TRATADAS  
COM INSETICIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia como requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

Uberlândia

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

N935s  
2023      Novais, Luiz Felipe Pinho Maia, 1986-  
            Sobrevivência e reprodução de *Chrysoperla externa* (Hagen)  
(Neuroptera:Chrysopidae) alimentada com dietas natural e artificial  
tratadas com inseticidas [recurso eletrônico] / Luiz Felipe Pinho Maia  
Novais. - 2023.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.  
Coorientador: Marcus Vinicius Sampaio.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5527>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Biologia. I. Fernandes, Flávio Lemes, 1979-, (Orient.). II. Sampaio,  
Marcus Vinicius, 1971-, (Coorient.). III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal. IV. Título.

---

CDU: 573

Rejâne Maria da Silva  
Bibliotecária-Documentalista – CRB6/1925

LUIZ FELIPE PINHO MAIA NOVAIS

**SOBREVIVÊNCIA E REPRODUÇÃO DE *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) ALIMENTADA COM DIETAS NATURAL E ARTIFICIAL TRATADAS COM INSETICIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título Mestre

Área de concentração: Produção Vegetal

Uberlândia-MG, 28 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

---

Vanessa Andaló Mendes de Carvalho – Doutora (UFU)

---

Jardel Boscardin – Doutor (UFU)

---

Ézio Marques da Silva – Doutor (UFV)

Uberlândia

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia  
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP  
38400-902  
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 014/2023, PPGAGRO				
Data:	Vinte e oito de novembro de dois mil e vinte e três	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	11:45
Matrícula do Discente:	12122AGR015				
Nome do Discente:	Luiz Felipe Pinho Maia Novais				
Título do Trabalho:	Sobrevivência e reprodução de <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com dietas natural e artificial tratadas com inseticidas				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Vanessa Andaló Mendes de Carvalho - UFU; Jardel Boscardin - UFU; Ézio Marques da Silva - UFV; Flávio Lemes Fernandes - UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Flávio Lemes Fernandes, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Andalo Mendes de Carvalho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/11/2023, às 11:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Jardel Boscardin, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/11/2023, às 11:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Lemes Fernandes, Usuário Externo**, em 28/11/2023, às 11:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Ézio Marques da Silva, Usuário Externo**, em 28/11/2023, às 11:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4981699** e o código CRC **6784C6BA**.

---

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por esta oportunidade e por ter me guiado por todos os caminhos de minha vida.

Aos meus pais Sebastião José Novais e Sônia Regina Pinho Maia Novais, por todo amor, apoio, carinho e por terem me conduzido a vida toda.

A minha esposa Flávia Speretta da Silva Novais, por todo amor, apoio e companheirismo.

A minha filha Bárbara da Silva Novais, que nasceu durante o período do mestrado e que me trouxe muito amor e alegria de viver.

Ao meu amigo Edmir Marques Faria Filho, que foi meu incentivador e que abriu portas para que pudesse realizar o sonho do mestrado.

Ao meu orientador Flávio Lemes Fernandes, que me guiou e sempre esteve presente durante esta jornada.

A Associação Mineira dos Produtores de Algodão (AMIPA), especialmente Fauze Elias Pena de Sairre e Alerrander Victor Alves Santos, pelo companheirismo e disponibilidade de sempre.

## BIOGRAFIA

Luiz Felipe Pinho Maia Novais, natural de Monte Azul Paulista – SP, nascido em 18 de setembro de 1986, graduou-se em Agronomia em 2010 pela Faculdade Dr. Francisco Maeda em Ituverava – SP. Também em 2010, iniciou sua carreira como agrônomo, atuando como assistente de pesquisa na empresa Gravena Ltda em Uberlândia - MG. No ano de 2012, iniciou o curso de especialização em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa.

Em 2015, foi convidado a trabalhar na Coodetec com pesquisa de soja e milho em Indianópolis – MG. No ano de 2018, a Coodetec, Dow Agrosiences e Pioneer passaram por um processo de fusão, resultando na atual Cortva Agrisciences Ltda. Em 2021, iniciou o mestrado no programa de Produção Vegetal na Universidade Federal de Uberlândia, com ênfase em controle biológico, dentro do qual foi desenvolvido o trabalho para avaliar o efeito tóxico de praguicidas quando ingeridos pelo predador *Chrysoperla externa*.

## RESUMO

*Chrysoperla externa* é um predador voraz abundante no Brasil, que vem sendo foco em programas de controle biológico. Empresas de controle biológico têm registrado este agente no Ministério da Agricultura para uso em lavouras com a presença de mosca-branca e pulgões. A liberação de *C. externa* no campo passa por desafios, dentre eles, a presença de inseticidas. Destes, os principais utilizados são os inseticidas dos grupos de piretroides, organofosforados, benzoilureias e diamidas. O objetivo foi estudar a sobrevivência e reprodução de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com dietas natural e artificial tratadas com inseticidas. Para avaliar alterações comportamentais e na sobrevivência de *C. externa* quando alimentadas com dietas expostas a inseticidas destes grupos, foi realizado o Bioensaio I, no qual suas larvas receberam pulgões expostos aos inseticidas, além dos tratamentos controle *M. sacchari* (T1) e ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (T2), sem inseticidas, que serviram como fonte de alimentação. No Bioensaio II, os adultos de *C. externa* receberam dietas compostas pela mistura de mel, levedo de cerveja e água (controle T1) e mel, levedo de cerveja e calda de inseticidas para os demais tratamentos. Avaliações de sobrevivência, predação, oviposição e emergência das larvas de *C. externa* geração F1 foram feitas a cada dois dias durante todo o seu ciclo de vida. Clopirifós não foi seletivo e eliminou larvas e adultos entre 0 e 2 dias. O lufenurom não permitiu passagem das larvas de *C. externa* do instar 2 para 3, resultando na morte delas em até 10 dias. Os resultados de sobrevivência e predação para o tratamento contendo clorantraniliprole, foram estatisticamente iguais aos controles T1 e T2 durante fase de larva, mas eliminou os adultos expostos à dieta contendo estes inseticidas em até 12 dias. A bifentrina reduziu a predação por larvas de *C. externa* (Bioensaio I), mas a sobrevivência não diferiu estatisticamente em relação aos controles para os Bioensaios I e II. O lufenurom e bifentrina diminuíram a média de oviposição, porém, dentre os tratamentos contendo inseticidas, verificou-se emergência de larvas da geração F1 de *C. externa* apenas no tratamento com bifentrina (Bioensaio II). Concluiu-se que os inseticidas da (Tabela 1) reduziram a capacidade predatória das larvas de *C. externa*, com exceção ao clorantraniliprole. A sobrevivência, oviposição e emergência de larvas de *C. externa* da geração F1 também apresentaram médias inferiores em relação ao controle. O ingrediente ativo bifentrina foi menos prejudicial que os demais inseticidas testados; entretanto, é necessário avaliar seus efeitos através de exposições diretas antes de recomendá-lo com segurança em manejo integrado de pragas.

**Palavras-chave:** Controle biológico; Manejo integrado de pragas. Inimigos naturais; Presas expostas a inseticidas; Seletividade.

## ABSTRACT

*Chrysoperla externa* is a voracious predator abundant in Brazil, which has been the focus of biological control programs. Biological control companies have registered this agent with the Ministry of Agriculture for use in crops with the presence of whiteflies and aphids. The release of *C. externa* in the field faces challenges, among them, the presence of insecticides. Of these, the main ones used are insecticides of the pyrethroids, organophosphates, benzoylureas and diamides groups. The aim was to study the survival and reproduction of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) fed natural and artificial diets treated with insecticides. To evaluate behavioral changes and survival of *C. externa* when fed diets exposed to insecticides in these groups, Bioassay I was carried out, in which their larvae received aphids exposed to insecticides, in addition to the control treatments *M. sacchari* (T1) and eggs of *Ephesia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (T2), without insecticides, which served as a source of food. In Bioassay II, adults of *C. externa* received diets composed of a mixture of honey, brewer's yeast and water (T1 control) and honey, brewer's yeast and insecticide syrup for the other treatments. Evaluations of survival, predation, oviposition and emergence of the larvae of *C. externa* generation F1 were made every two days throughout their life cycle. Clopirifós was non-selective and eliminated larvae and adults between 0 and 2 days. The Lufenuron did not allow the passage of *C. externa* larvae from instar 2 to 3, resulting in their death within 10 days. The survival and predation results for the treatment containing chlorantraniliprole were statistically equal to the controls T1 and T2 during the larval stage, but eliminated the adults exposed to the diet containing these insecticides within 12 days. The bifenthrin reduced predation by *C. externa* larvae (Bioassay I), but survival did not differ statistically in relation to controls for Bioassays I and II. Lufenuron and bifenthrin decreased the mean oviposition, however, among the treatments containing insecticides, there was emergence of larvae of the F1 generation of *C. externa* only in the treatment with bifenthrin (Bioassay II). It was concluded that the insecticides (Table 1) reduced the predatory capacity of *C. externa* larvae, with the exception of chlorantraniliprole. The survival, oviposition and emergence of *C. externa* larvae of the F1 generation also presented lower averages compared to the control. The active ingredient bifenthrin was less harmful than the other insecticides tested; however, it is necessary to evaluate its effects through direct exposures before safely recommending it in integrated pest management.

**Keywords:** biological control; integrated pest management; natural enemies; prey exposed to insecticides; selectivity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Curvas de sobrevivência das larvas de *C. externa*, até o 10º dia após a ingestão de *M. sacchari* expostos aos inseticidas clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina, controle 1 (sem inseticida) e controle 2 (ovos de *E. kuehniella*). As curvas foram comparadas usando o método Kaplan-Meier e log-rank, ( $\chi^2 = 117$ ; gl= 5; P<0,01) ..... 22
- Figura 2.** Curvas de sobrevivência de machos (A) e fêmeas (B) adultos de *C. externa* até o 30º dia após a ingestão de dietas expostas aos inseticidas clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e controle (sem exposição a inseticidas). As curvas foram comparadas utilizando o método Kaplan-Meier e teste log-rank, ( $\chi^2 = 96,2$ ; gl= 4; P<0,01) para (A) e ( $\chi^2 = 116$ ; gl= 4; P<0,01) para (B). ..... 244
- Figura 3.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante 10 dias. Letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn. .... 25
- Figura 4.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante ínstar 1. As letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn. .... 266
- Figura 5.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante ínstar 2. As letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn. .... 28
- Figura 6.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante ínstar 3. As letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn. .... 28

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, para controle de pragas nas principais culturas de importância econômica na região do Triângulo Mineiro. .... 16

**Tabela 2.** Média de ovos por dois dias e número total de ovos durante o ciclo de vida de fêmeas de *C. externa*, alimentadas com dietas contendo clorfantriliprole, lufenurônio, clorpirifós, bifentrina e dieta controle (sem inseticida)..... 29

**Tabela 3.** Número total de eclosões, média de eclosões por avaliação e porcentagem de ovos viáveis durante o ciclo de vida de fêmeas de *C. externa*, alimentadas com dietas contendo clorfantriliprole, lufenurônio, clorpirifós, bifentrina e dieta controle (sem inseticida)..... 30

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	16
2.1	Obtenção dos insetos .....	16
2.2	Bioensaio I: fornecimento de presas expostas a inseticidas para a alimentação de larvas de <i>C. externa</i> .....	17
2.3	Bioensaio II: fornecimento de dietas contendo inseticidas para adultos de <i>C. externa</i> .....	18
2.4	Avaliações .....	20
2.5	Análise estatística.....	20
3	RESULTADOS .....	21
3.1	Sobrevivência .....	21
3.1.1	<i>Larvas (Bioensaio I)</i> .....	21
3.1.2	<i>Adultos (Bioensaio II)</i> .....	22
3.2	Comportamento predatório.....	24
3.2.1	<i>Predação durante fase larval C. externa</i> .....	24
3.2.2	<i>Predação durante primeiro ínstar da fase larval de C. externa</i> .....	26
3.2.3	<i>Predação durante segundo ínstar da fase larval de C. externa</i> .....	27
3.2.4	<i>Predação durante terceiro ínstar da fase larval de C. externa</i> .....	28
3.2.5	<i>Oviposição C. externa</i> .....	29
3.2.6	<i>Larvas eclodidas na geração F1 de C. externa</i> .....	29
4	DISCUSSÃO .....	30
5	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS .....	35

## 1 INTRODUÇÃO

A família Chrysopidae compreende aproximadamente 1200 espécies já identificadas, agrupadas em 80 gêneros e três subfamílias (Contreras-Ramos e Rosa, 2014). As subfamílias são Nothochrysininae, Apochrysininae e Chrysopinae, sendo que esta última sozinha abrange 97% das espécies distribuídas no mundo (Winterton e De Freitas, 2006). Os crisopídeos são insetos predadores com potencial para serem utilizados no controle biológico, dada a capacidade predatória de suas larvas, alto potencial reprodutivo e facilidade de criação em laboratório (Thöming e Knudsen, 2021; Trivellato et al., 2012). São generalistas e predam afídeos, percevejos, cochonilhas de escamas, mosca-branca, cigarrinhas, ovos de lepidópteros, larvas de algumas espécies do gênero Spodoptera e ácaros (Dhandapani, Sarkar e Mishra, 2016).

*Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera; Chrysopidae) é a espécie mais abundante do Brasil (Flores et al., 2015). Habita em diversas culturas de importância econômica, como cafeeiro (*Coffea* spp.), sorgo (*Sorghum bicolor*) e milho (*Zea mays*), desempenhando significativo controle populacional de pragas (Soares e Carvalho, 2018). Larvas de *C. externa* são vorazes e têm sido empregadas com sucesso no manejo de pragas-chaves, como *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) e *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Colares et al., 2015; Martins et al., 2021).

O terceiro ínstar larval de *C. externa* é o mais voraz, sendo reportados consumos aproximados de 78 ninfas de pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Hemiptera: Aphididae), 170 ovos de *S. frugiperda* e 1265 ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (Tavares et al., 2011; Fonseca et al., 2015). Apesar do potencial desta espécie como predador, há limitações de seu uso nas condições de cultivo agrícola. As principais limitações são condições climáticas, presença do alvo na área e associação com as aplicações de inseticidas (Cordeiro et al., 2010; Castilhos, Grutzmacher e Coats, 2018; Rugno et al., 2019).

O uso de inseticidas tem sido associado à diminuição da população de crisopídeos (Jose-Pablo et al., 2017). Pesquisas realizadas por Fernandes et al. (2008), Soares e Carvalho (2018) revelaram que inseticidas como neonicotinóides, organofosforados, diamidas e benzoilureias podem reduzir a viabilidade de ovos e a sobrevivência de larvas de *C. externa* quando topicamente tratadas. O inseticida piretroide, por sua vez, exibe uma toxicidade baixa para ovos, mas é altamente tóxico para as larvas de *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) (Neuroptera:

Chrysopidae) no terceiro ínstar, atingindo até 87,5% de mortalidade, conforme observado por Ham et al. (2019).

O contato do predador com o defensivo pode se dar diretamente durante o caminhamento, por uma aplicação direta ou pela via oral através da alimentação de presas expostas a inseticidas, influenciando negativamente no tempo de desenvolvimento, má formação, fertilidade e mortalidade (Defarge, Otto e Hilbeck, 2023).

Podem ocorrer modificações na biologia de insetos predadores ocasionados pela alimentação de presas expostas a inseticidas, como relatado por Lira et al. (2020), em que ninfas de 4º e 5º ínstar de *Podisus nigrispinus* Dallas (Hemiptera: Pentatomidae) sofreram alterações nutricionais e constituição do epitélio intestinal.

Estudos com predadores naturais indicam que os inseticidas utilizados para controle de pragas têm um impacto significativamente prejudicial ao ciclo de vida de *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). Isso foi observado em pesquisas, nas quais os inseticidas afetaram negativamente a taxa de sobrevivência, desenvolvimento larval e a capacidade reprodutiva, quando expostas diretamente ou indiretamente por meio da alimentação de presas que tiveram contato com inseticidas (Yu et al., 2014; Xiao et al., 2016; Jiang et al., 2019).

Em outra pesquisa que teve como objetivo avaliar efeitos tóxicos via ingestão de inseticidas pelo predador onívoro *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae), realizada por Wanumen et al. (2016), os resultados negativos a este predador foram fundamentados na observação dos efeitos tanto letais (toxicidade aguda) quanto subletais (impacto na produção de descendentes e longevidade) para adultos alimentados com presas tratadas com diferentes inseticidas.

A escolha de inseticidas seletivos que causam menor impacto na população de crisopídeos é imprescindível para possibilitar sua utilização no controle biológico (Farias et al., 2023). A maioria dos estudos toxicológicos são voltados para observação dos efeitos de contato tópico do inseticida com o predador (Mansoor et al., 2015; Gómez-Guzmán et al., 2022; Farias et al., 2023), mas poucos trabalhos demonstram os efeitos ocasionados entre níveis tróficos, resultante da alimentação de presas expostas aos inseticidas. Assim, o objetivo foi estudar a sobrevivência e reprodução de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com dietas natural e artificial tratadas com inseticidas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Corteva Agrisciences (18°57'12,78'' S e 47°51'39,74'' O), Indianópolis, MG, entre os meses de abril de 2022 e junho de 2023. Na tabela 1, estão apresentados os inseticidas utilizados nos bioensaios.

**Tabela 1.** Inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, para controle de pragas nas principais culturas de importância econômica na região do Triângulo Mineiro

Ingrediente ativo	Grupo químico	Dose <sup>1</sup>	Classe toxicológica	Classe ambiental
Clorantraniliprole	Antranilamida	0,125	Não classificado	Muito perigoso
Lufenurom	Benzoilureia	0,300	Produto improvável de causar dano agudo	Muito perigoso
Clorpirifós	Organofosforado	0,600	Moderadamente tóxico	Muito perigoso
Bifentrina	Piretroide	0,065	Pouco tóxico	Muito perigoso

<sup>1</sup>Dose comercial (L/ha).

### 2.1 Obtenção dos insetos

Ovos de *C. externa* e *E. kuehniella* foram obtidos do Laboratório da Associação Mineira dos Produtores de Algodão (AMIPA). Os ovos de *C. externa* foram coletados um dia após a postura, acondicionados em recipientes plásticos de 50 mililitros no laboratório da AMIPA, em seguida foram armazenados em laboratório na Corteva em temperatura de  $22 \pm 1$  °C até a eclosão das larvas. Após a eclosão, as larvas foram individualizadas em potes de plástico de 50 mililitros com tampa e mantidas *ad libitum* por 24 h. Os ovos de *E. kuehniella*, coletados 24 h após postura, foram acondicionados em potes plásticos de 50 mililitros e, ao chegar no laboratório da Corteva, foram armazenados em geladeira em temperatura de  $5 \pm 1$  °C para serem usados posteriormente como alimentos para as larvas de *C. externa*.

Os pulgões *M. sacchari*, usados como presas, foram coletados em lavoura de sorgo granífero (híbrido 50A60 - Pioneer), em uma área de 0,5 ha, previamente fertilizada com 360 Kg/ha da fórmula 05-37-00 (N-P-K) no plantio, livre de aplicações de inseticidas e com alta infestação de pulgões.

## 2.2 Bioensaio I: fornecimento de presas expostas a inseticidas para a alimentação de larvas de *C. externa*

O bioensaio consistiu na aplicação dos inseticidas (Tabela 1) sobre as ninfas de pulgões (*M. sacchari*), padronizadas visualmente por tamanho e fornecidas para alimentação das larvas de *C. externa*. A seleção por tamanho é uma forma de padronizar a idade das ninfas do pulgão. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e 20 repetições. Os tratamentos foram: pulgões não expostos aos inseticidas (T1), ovos de *E. kuehniella* não expostos a inseticida (T2), pulgões expostos a clorantropilprole (T3), lufenurum (T4), clorpirifós (T5) e bifentrina (T6). O bioensaio com *M. sacchari* e *C. externa* foi mantido durante todo o período experimental em laboratório em temperatura ambiente com médias de  $20,4 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $57,5 \pm 1\%$  e fotoperíodo de 12 horas.

Inicialmente, folhas de sorgo com e sem *M. sacchari* foram coletadas na lavoura implantada para o experimento. As folhas sem *M. sacchari* foram cortadas em pequenos quadrados de 4 centímetros de lado, acondicionadas em placa de Petri (9 x 15 centímetros), tendo na sua base 8 mililitros de meio de cultura com 2% de gelatina incolor (Dr. Oetker) para evitar desidratação foliar, mantendo a superfície superior livre para receber os pulgões e uma larva de *C. externa*. As folhas coletadas contendo pulgões foram dispostas em bandejas (90 x 90 centímetros), com a devida identificação correspondente ao tratamento.

Posteriormente, as bandejas com folhas utilizadas nos controles (T1 e T2) foram dispostas em ambiente aberto para que os pulgões recebessem a aplicação de água destilada. A calda utilizada nas pulverizações dos demais tratamentos T3, T4, T5 e T6 foi preparada seguindo as recomendações de dosagem da bula (Tabela 1). O equipamento utilizado foi um pulverizador costal elétrico Brudden modelo SS20B de 20 litros com ponta de aplicação modelo Magnojet 110° 06 (leque), aplicando a uma distância de 50 centímetros em relação ao alvo *M. sacchari*. Para a calibração do pulverizador, foram colocadas duas estacas usadas como marcação no chão, distanciadas por 10 metros em linha reta. O aplicador percorreu esta distância simulando uma aplicação, utilizando todos os equipamentos e água no reservatório do pulverizador. O caminhamento foi ajustado para percorrer um metro por segundo. Em seguida, calculou-se a área da aplicação simulada multiplicando os 10 metros percorridos por 0,5 metro, que corresponde à largura de cobertura da ponta de pulverização.

Sabendo que a área do teste de aplicação foi de cinco metros quadrados, que o aplicador cobre esta área em 10 segundos e que para obter uma vazão de 200 litros de calda por hectare

é necessário ter a vazão de 0,1 litros em 10 segundos, a próxima etapa foi medir a vazão da ponta durante 10 segundos com auxílio de um copo medidor e ajustar a força do motor do pulverizador através do acelerador até atingir o volume calculado.

Foram preparados 3 litros de calda para a aplicação e, para isso, foi utilizada a dosagem do inseticida comercial recomendada pela bula, multiplicado por 3 (calda preparada) e dividido por 200 (volume de calda hectare), adicionado à água com agitação proporcionado pelo motor do pulverizador.

Foram pulverizados 16,2 mililitros em cada lado da superfície das folhas. Esta quantidade aplicada foi calculada levando-se em consideração a área da bandeja e aferida após a aplicação, calculando a diferença do volume preparado e a sobra.

Finalizada esta etapa, a bandeja com as folhas foi mantida à sombra para secar. Foi realizada a tríplice lavagem do pulverizador entre cada tratamento para evitar contaminação e,, após a limpeza, a aplicação do tratamento seguinte foi realizada seguindo os mesmos procedimentos.

Após secagem, as folhas foram levadas para laboratório para a transferência manual de 10 pulgões, com o auxílio de um pincel de ponta fina e macia, juntamente com uma larva de *C. externa* para placa de Petri representando uma repetição.

Todas as larvas utilizadas na experimentação foram selecionadas tendo a mesma data de eclosão e para o tempo de duração do experimento foi definido que as larvas de *C. externa* chegassem à fase de pupa. A transferência de pulgões para as placas ocorreu a cada dois dias até a finalização do tempo do experimento.

### **2.3 Bioensaio II: fornecimento de dietas contendo inseticidas para adultos de *C. externa***

O segundo bioensaio consistiu no fornecimento de dietas expostas a inseticidas para alimentação dos adultos de *C. externa*. A composição das dietas feitas na proporção de 1:1:1, sendo uma parte de mel, levedo de cerveja e água para o controle; no entanto, para os demais tratamentos, a água foi substituída pela calda inseticida (Tabela 1).

Para tanto, foi conduzido um experimento em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e 20 repetições. Após eclosão das larvas de *C. externa* provenientes da AMIPA, elas foram individualizadas em copos plásticos de 50 mililitros com tampa, onde anotou-se a data. Passadas 24 h da eclosão, foi reunido o maior volume de larvas com mesma data para o início da experimentação e larvas de outras datas foram descartadas.

As larvas foram alimentadas a cada dois dias com cerca de 1 grama de ovos de *E. kuehniella* até a fase de pupa.

Os adultos emergidos foram mantidos individualmente em placas de Petri por quatro dias, período necessário para a diferenciação da anatomia abdominal, para proceder com a sexagem. Após isso, casais de *C. externa* foram reunidos em gaiolas de tubo de policloreto de vinila (PVC), com 20 centímetros de altura e 7,6 centímetros de diâmetro, com a parte superior coberta com tecido voil branco. As paredes internas foram cobertas com papel sulfite (A4) branco para oviposição. As gaiolas foram apoiadas em tampas plásticas forradas com papel sulfite com mesmo diâmetro do tubo. Cada tratamento consistiu de duas gaiolas, com 10 casais de crisopídios. Cada casal representou uma repetição e todos estavam padronizados pela mesma data de emergência. As gaiolas foram organizadas sobre uma mesa em um laboratório com 12 horas de fotoperíodo, temperatura ambiente com médias de  $22,8 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de  $49,7 \pm 1\%$ .

Para o cálculo das quantidades de inseticidas a serem misturados nas dietas, foi empregado o método a seguir.

Dose comercial de cada inseticida por hectare multiplicado por 1 litro (quantidade de água para realizar a diluição) e dividido por 200 (volume de calda recomendado por hectare na bula). Com este valor calculado, foi realizada a diluição e, em seguida, com o auxílio de uma seringa, foi retirado um volume de 4 mililitros, adicionados a 4 gramas de levedo de soja e 4 gramas de mel (proporção de 1:1:1).

Cerca de 2 mililitros desta dieta foram colocados na base da gaiola com auxílio de uma seringa e água destilada foi disponibilizada diariamente por meio de algodão umedecido na parte superior das gaiolas. A cada dois dias, as folhas de papel sulfite que revestiam a base e as paredes das gaiolas foram substituídas. Novamente, a mesma quantia de dieta foi oferecida.

As folhas de papel removidas foram separadas e identificadas por tratamento e repetição para a contagem posterior dos ovos. Em seguida, essas folhas foram recortadas e as posturas armazenadas em placas de Petri, que foram organizadas sobre a mesma mesa e nas mesmas condições de temperatura e umidade onde as gaiolas estavam.

## 2.4 Avaliações

As avaliações durante fase larval de *C. externa* iniciaram 24 h após a aplicação dos inseticidas e continuaram sendo feitas em intervalo de dois dias, até a fase de pupa. As variáveis avaliadas foram: sobrevivência e predação das larvas de *C. externa*.

As avaliações dos adultos de *C. externa* iniciaram 24 h após o fornecimento das dietas e ocorreram a cada dois dias até a morte de todos os indivíduos. As variáveis avaliadas foram: sobrevivência e número de ovos. Os ovos retirados durante avaliação serviram para a quantificação de larvas na geração subsequente F1.

## 2.5 Análise estatística

A sobrevivência das larvas e adultos de *C. externa* foi analisada pelo método de Kaplan-Meier e para as curvas comparativas utilizou-se o teste de log-rank, fazendo o ajuste do valor p. A comparação entre cada tratamento foi feita por meio do método “pairwise” disponível no software estatístico “R”. Para análises de quantidade de predação na fase de larva, número de oviposições na fase adulta e número de larvas eclodidas na geração F1, utilizou-se Shapiro Wilk ( $P < 0,05$ ) para teste de normalidade. Como não houve normalidade, o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, corrigido pelo teste de Dunn por meio do método Bonferroni, foi utilizado para fazer as comparações entre cada tratamento, utilizando o software estatístico livre “R”.

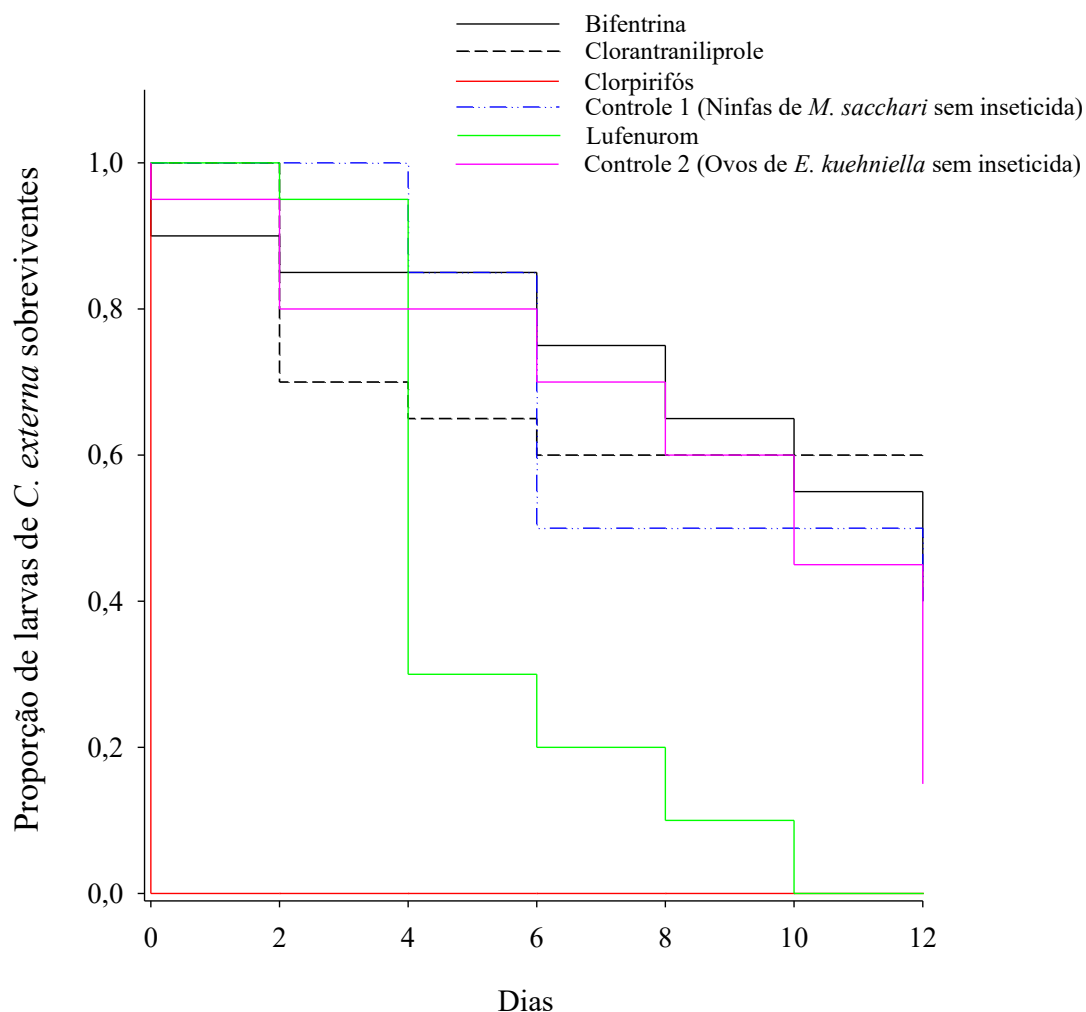
### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Sobrevivência

As observações destacaram que a sobrevivência de *C. externa* sofreu alterações comparando-se as duas fases de vida para alguns inseticidas.

##### 3.1.1 Larvas (Bioensaio I)

A análise de sobrevivência das larvas de *C. externa* alimentadas com presas expostas aos inseticidas clorraniliprole, lufenurom, clorpirifós e bifentrina revelou diferenças significativas entre os grupos avaliados ( $\chi^2 = 117$ ; gl= 5;  $P < 0,01$ ). Durante a fase larval de *C. externa*, observou-se que os inseticidas bifentrina e clorraniliprole tiveram baixa toxicidade e não mostraram diferenças em relação aos grupos controle utilizados como padrão de sobrevivência. O mesmo não ocorreu com o lufenurom, no qual foi observada diferença significativa. O clorpirifós demonstrou ser extremamente tóxico para as larvas, causando a morte de todos os indivíduos durante a primeira alimentação. O tratamento com bifentrina reduziu a população de larvas para 55% após 10 dias, enquanto o clorraniliprole reduziu para 60% em 6 dias. Os tratamentos que mostraram ser mais tóxicos apresentaram uma redução ainda mais acentuada em suas populações em um período mais curto, com uma diminuição para 30% em apenas 4 dias, no caso do lufenurom, e uma eliminação de 100% em menos de 1 dias, no caso do clorpirifós (Figura 1).



**Figura 1.** Curvas de sobrevivência das larvas de *C. externa*, até o 10º dia após a ingestão de *M. sacchari* expostos aos inseticidas clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina, controle 1 (sem inseticida) e controle 2 (ovos de *E. kuehniella*). As curvas foram comparadas usando o método Kaplan-Meier e log-rank, ( $\chi^2 = 117$ ; gl= 5;  $P < 0,01$ ).

### 3.1.2 Adultos (Bioensaio II)

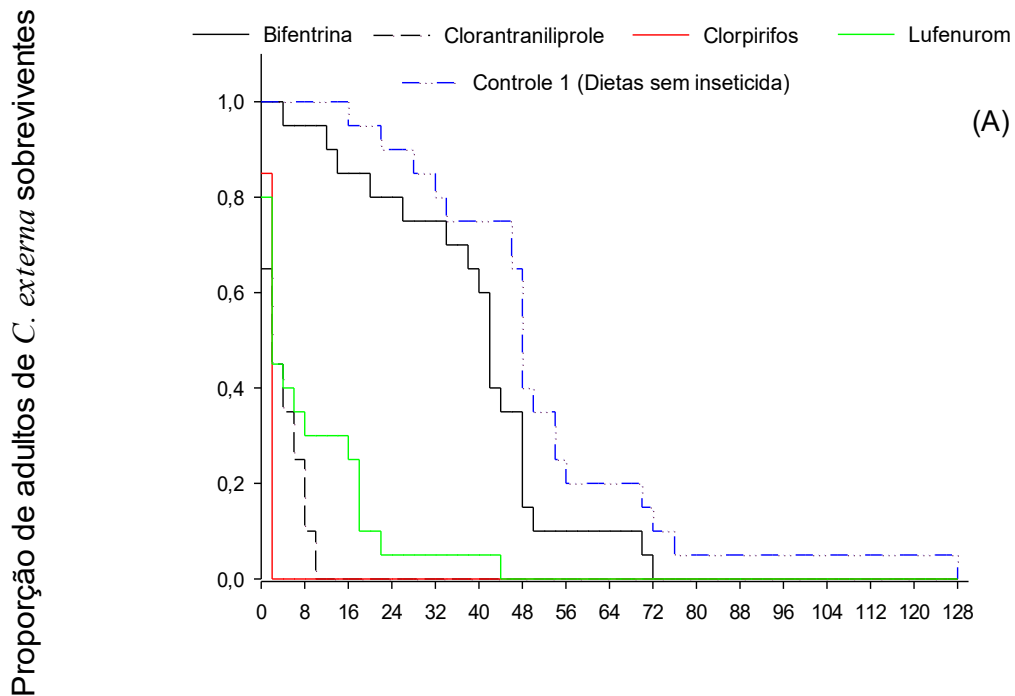
A análise de sobrevivência dos adultos de *C. externa* que se alimentaram de dietas expostas a inseticidas apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, assim como entre fêmeas ( $\chi^2 = 116$ ; gl= 4;  $P < 0,01$ ) e machos ( $\chi^2 = 96,2$ ; gl= 4;  $P < 0,01$ ).

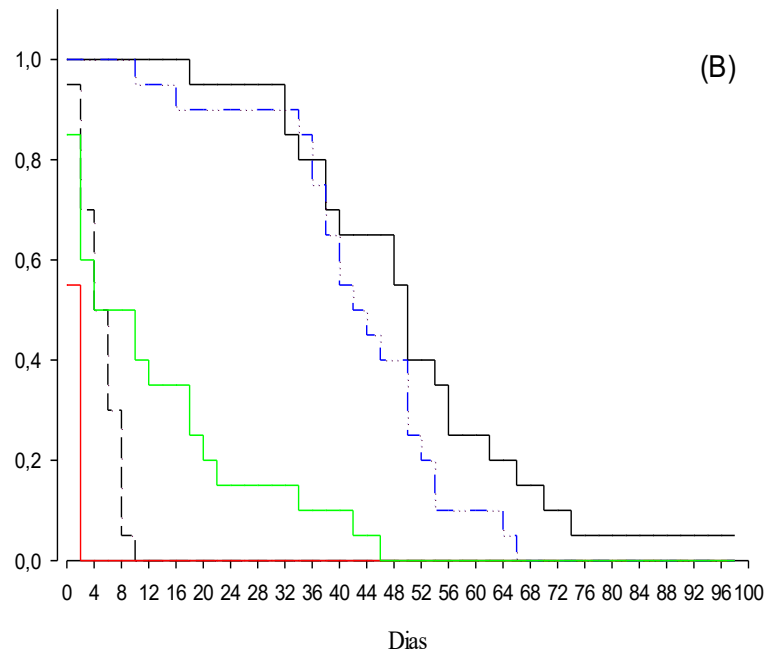
Durante a fase adulta das fêmeas de *C. externa*, a comparação entre os inseticidas testados e o grupo controle mostrou que apenas o tratamento com bifentrina não apresentou diferença significativa. Os tratamentos com clorantraniliprole e lufenurom não mostraram

diferenças significativas entre si, e ambos foram considerados tóxicos para os adultos, assim como o clorpirifós (Figura 2).

Ao examinar os resultados da fase adulta dos machos, obteve-se o resultado de que a bifentrina possui baixa toxicidade. Os tratamentos com lufenurom e clorantraniliprole não apresentaram diferenças significativas entre si, da mesma forma que o tratamento com clorantraniliprole e clorpirifós. No entanto, ao contrário da bifentrina, todos esses tratamentos demonstraram toxicidade para os adultos machos de *C. externa* (Figura 2).

Como observado, a bifentrina foi o tratamento que teve o menor impacto na curva de sobrevivência destes artrópodes adultos, mantendo uma taxa de sobrevivência de 95% para as fêmeas e 75% para os machos, enquanto o grupo de controle manteve uma taxa de 90% para ambos os sexos. Por outro lado, os tratamentos com lufenurom e clorantraniliprole afetaram significativamente as curvas de sobrevivência. A população de fêmeas atingiu 50% de sobrevivência para ambos os tratamentos em 5 dias, enquanto a população de machos atingiu 45% em 3 dias. O clorpirifós eliminou 100% das populações de machos e fêmeas já no segundo dia (Figuras 2).





**Figura 2.** Curvas de sobrevivência de machos (A) e fêmeas (B) adultos de *C. externa* até o 30º dia após a ingestão de dietas expostas aos inseticidas clorfaniliprole, lufenurô, clorpirifós, bifentrina e controle (sem exposição a inseticidas). As curvas foram comparadas utilizando o método Kaplan-Meier e teste log-rank, ( $\chi^2 = 96,2$ ; gl= 4;  $P < 0,01$ ) para (A) e ( $\chi^2 = 116$ ; gl= 4;  $P < 0,01$ ) para (B).

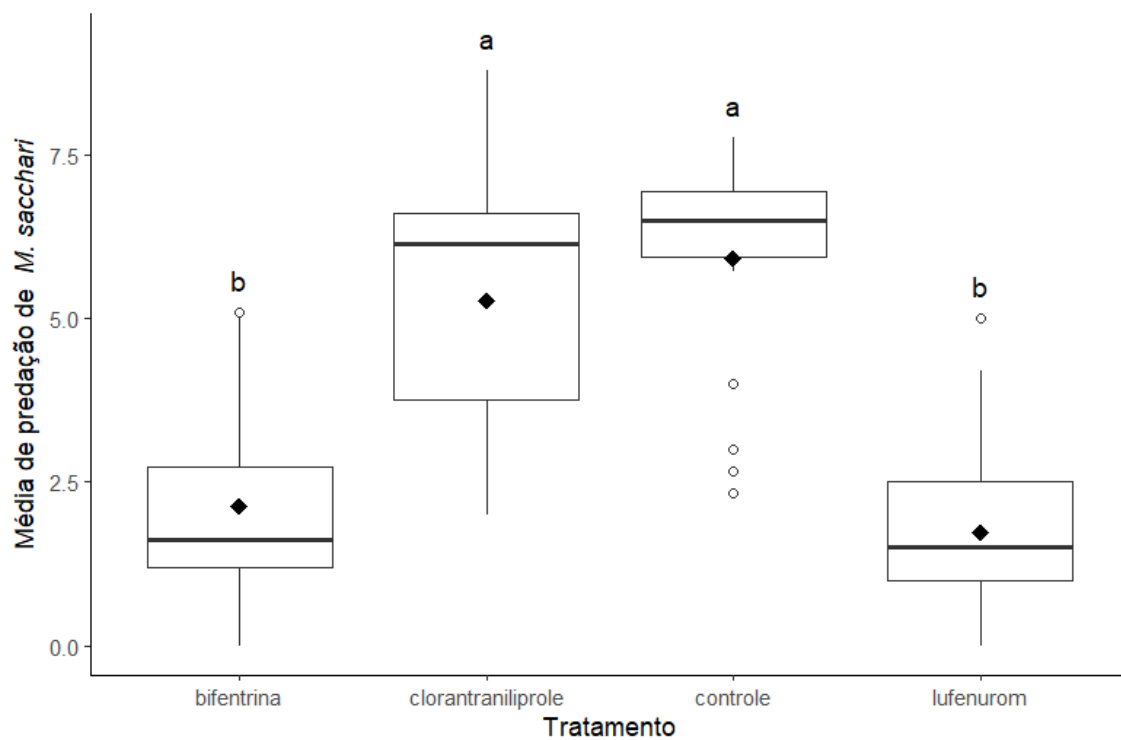
### 3.2 Comportamento predatório

O comportamento predatório de não foi igual para os produtos testados durante as diferentes fases de vida de *C. externa*.

#### 3.2.1 Predação durante fase larval *C. externa*

A análise da capacidade de predação das larvas em suas três fases não utilizou os dados de predação do tratamento com ovos de *E. kuehniella*, uma vez que o interesse foi a comparação da predação de pulgões entre os tratamentos. Também não foram obtidos dados do tratamento com clorpirifós por ter eliminado 100% das larvas *C. externa* em até dois dias após aplicação nas presas. A análise indicou diferenças significativas entre os tratamentos ( $\chi^2 = 44,7$ ; gl= 3;  $P < 0,01$ ).

O inseticida clorantraniliprole foi o único que não apresentou diferenças significativas na média de predação de *M. sacchari* em comparação ao controle. Além disso, observou-se que tanto a bifentrina quanto o lufenurom não demonstraram diferenças significativas na predação. No entanto, o lufenurom afetou mais o consumo em comparação ao grupo controle. Os tratamentos com bifentrina e lufenurom tiveram médias de 2,12 e 1,73 pulgões consumidos respectivamente, o que é consideravelmente inferior ao valor de 5,91 observado no grupo controle. No entanto, com o clorantraniliprole obteve-se um resultado de 5,26, que foi estatisticamente igual ao valor do controle (Figura 3).



◆ = Valor médio de consumo de *M. sacchari* no tratamento.

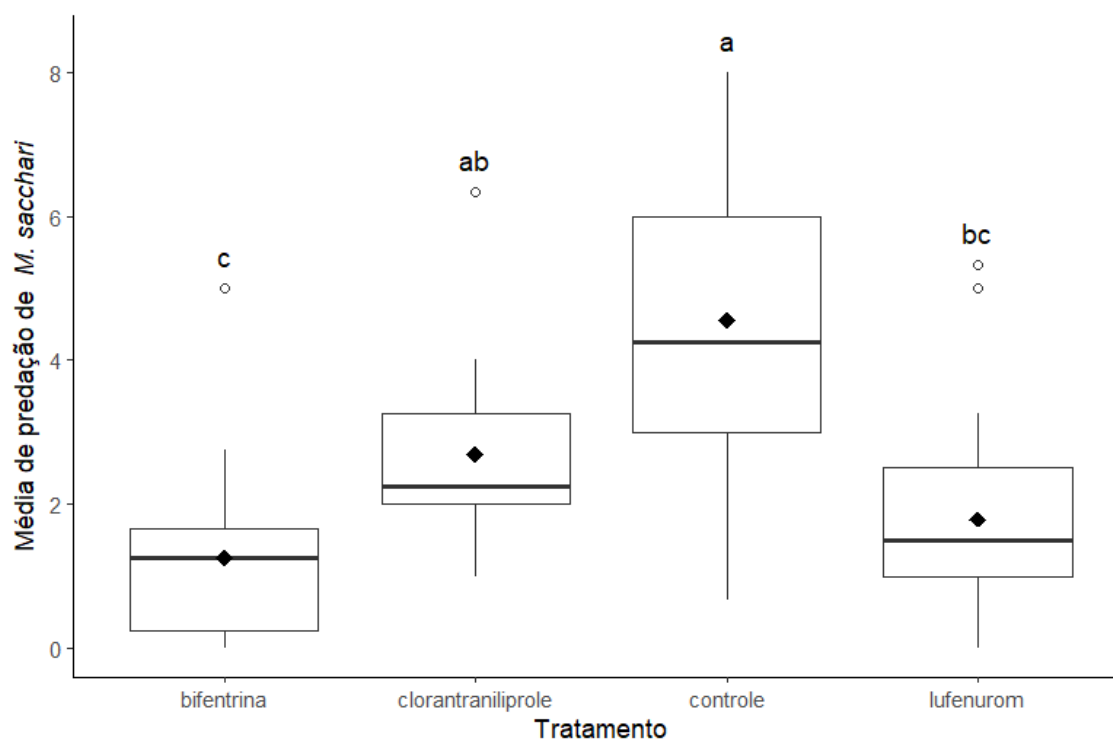
◊ = Valor fora do erro padrão.

**Figura 3.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante 10 dias. Letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn.

### 3.2.2 Predação durante primeiro ínstar da fase larval de *C. externa*

As análises com base no consumo de presas durante o primeiro estágio larval de *C. externa* indicam diferenças significativas entre os tratamentos ( $\chi^2 = 32,8$ ; gl= 3;  $P < 0,01$ ). Nesse estágio, apenas o tratamento com clorantraniliprole não se diferencia do grupo controle, enquanto todos os outros tratamentos impactaram negativamente o consumo de presas. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos de bifentrina e lufenurom, assim como entre clorantraniliprole e lufenurom.

Os tratamentos com bifentrina e lufenurom registraram médias de 1,25 e 1,79, respectivamente, no que diz respeito à predação por tratamento. Enquanto isso, o clorantraniliprole, com uma média de 2,7, foi o tratamento que mais se aproximou do grupo de controle, que teve uma média de 4,56 (Figura 4).



◆ = Valor médio de consumo de *M. sacchari* no tratamento.

◊ = Valor fora do erro padrão.

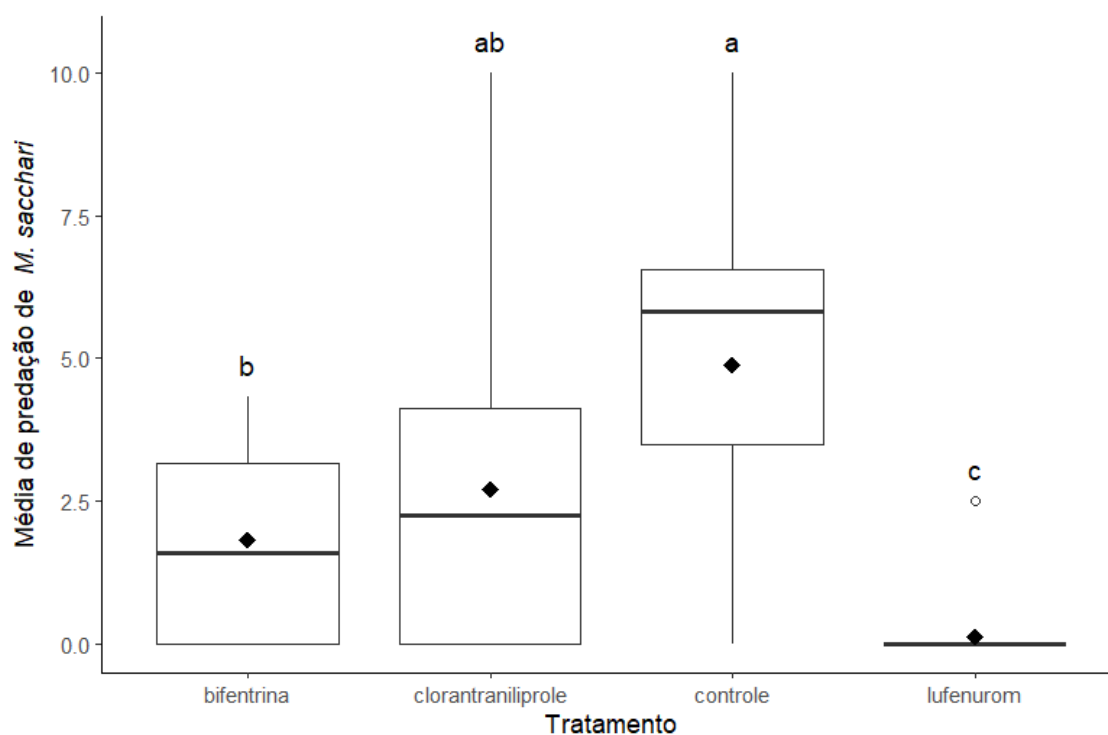
**Figura 4.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante

ínstar 1. As letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn.

### 3.2.3 Predação durante segundo ínstar da fase larval de *C. externa*

A análise dos resultados do consumo de presas durante o segundo estágio larval revelou uma diferença significativa entre os tratamentos ( $\chi^2 = 31,8$ ; gl= 3;  $P < 0,01$ ). Durante o segundo estágio, o tratamento com o clorantraniliprole não apresentou diferença estatística em relação ao tratamento controle. Além disso, não foram observadas diferenças entre os tratamentos bifentrina e clorantraniliprole. No entanto, quando os tratamentos bifentrina e lufenurom foram comparados ao controle, ambos tiveram um impacto negativo no número de presas consumidas.

O tratamento com clorantraniliprole registrou uma média de 2,7 presas consumidas, enquanto o com bifentrina obteve 1,82. Ambos valores ficaram abaixo do valor atingido no grupo de controle, com média 4,88. Já o tratamento com lufenurom, que atua como inibidor da síntese de quitina, impediu que as larvas mudassem do ínstar dois para o três, provocou a diminuição predatória a uma média de 0,13 pulgões e eliminou a população antes que empupassem (Figura 5).



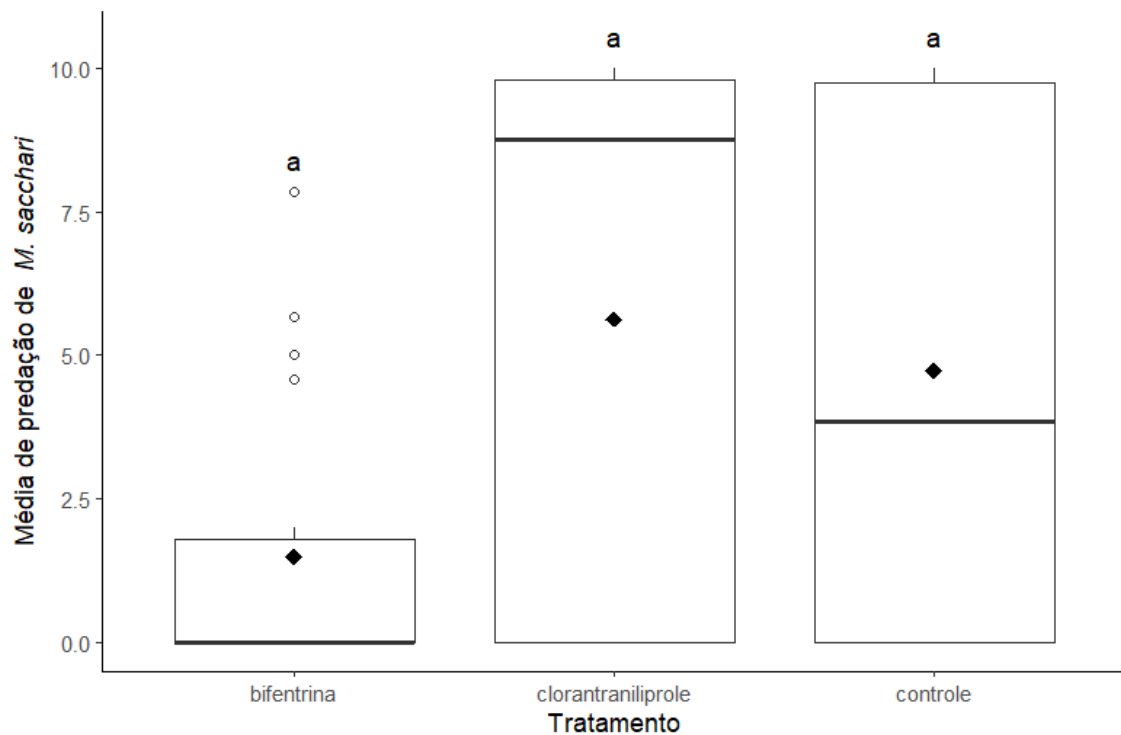
◆ = Valor médio de consumo de *M. sacchari* no tratamento.

◊ = Valor fora do erro padrão.

**Figura 5.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante ínstar 2. As letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn.

### 3.2.4 Predação durante terceiro ínstar da fase larval de *C. externa*

Neste estágio, havia larvas sobreviventes apenas nos tratamentos bifentrina, clorantraniliprole e controle. No 3º ínstar, as médias do consumo calculado para estes tratamentos foram 1,48, 5,63 e 4,73, respectivamente. A análise realizada mostrou que não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $\chi^2 = 5,64$ ; gl= 2; P=0,06), (Figura 6).



◆ = Valor médio de consumo de *M. sacchari* no tratamento.

◊ = Valor fora do erro padrão.

**Figura 6.** Média de pulgões *M. sacchari* submetidos a clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e sem aplicação (controle), predados por larvas de *C. externa* durante ínstar 3. As letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn.

### 3.2.5 Oviposição *C. externa*

Os resultados da análise comparativa para os tratamentos em que os adultos receberam dietas com inseticidas indicaram diferenças significativas para médias de oviposição e número total de ovos ( $\chi^2 = 215,4$ ; gl= 4;  $P < 0,01$ ).

O tratamento com bifentrina e controle foram estatisticamente iguais. Por outro lado, os tratamentos clorpirifos e clorantraniliprole não diferiram entre si por terem baixa quantidade de ovos devido à mortalidade da população de adultos em menos de dez dias. Todos os tratamentos com inseticidas provocaram uma diminuição de oviposição (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média de ovos por dois dias e número total de ovos durante o ciclo de vida de fêmeas de *C. externa*, alimentadas com dietas contendo clorantraniliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e dieta controle (sem inseticida)

Tratamento	Média de Ovos	Total de ovos por tratamento
Controle (sem inseticida)	213,0a	15770a
Clorantraniliprole	0,1c	8c
Lufenurom	28,3b	2094b
Clorpirifós	0,00c	0c
Bifentrina	135,8a	10050a

Letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn.

### 3.2.6 Larvas eclodidas na geração *F1* de *C. externa*

Larvas resultantes da oviposição dos casais submetidos aos tratamentos foram contadas para comparar o número total de eclosões durante o período de 78 dias de avaliação. A partir destes dados, é possível obter resultados de média de eclosões e porcentagem de ovos viáveis (Tabela 3).

Apenas larvas dos tratamentos com bifentrina e controle conseguiram sobreviver.

A análise realizada indicou que há diferença significativa entre os tratamentos ( $\chi^2 = 5,44$ ; gl= 1;  $P < 0,02$ ).

**Tabela 3.** Número total de eclosões, média de eclosões por avaliação e porcentagem de ovos viáveis durante o ciclo de vida de fêmeas de *C. externa*, alimentadas com dietas contendo clorantianiliprole, lufenurom, clorpirifós, bifentrina e dieta controle (sem inseticida)

Tratamento	Nº médio de eclosões a cada 2 dias	Nº total de eclosões por tratamento	Porcentagem de ovos viáveis
Bifentrina	30,7b	2391b	23,8b
Controle	47,8a	3731a	23,7a

Letras distintas representam diferença significativa de 5% através de testes não paramétricos Kruskal-Wallis e Dunn.

#### 4 DISCUSSÃO

Foi observada no presente estudo uma possível transferência de toxidez através de níveis tróficos via predação e ingestão de dietas que foram expostas aos inseticidas. A exposição de inimigos naturais à ingestão de inseticidas pode desencadear efeitos prejudiciais na sua sobrevivência (Wari, Takagi e Ogawara, 2021). Esta forma de intoxicação pode incorrer em efeitos subletais, como aumento no tempo para desenvolvimento completo, disfunções na morfologia e fecundidade (Zhang et al., 2022).

Insetos predadores estão expostos aos inseticidas através do contato direto com aplicações, resíduos nas plantas e podem também sofrer toxicidade gástrica através da alimentação de presas que tiveram contato com inseticidas (Yao et al., 2023). Fatores exógenos aos organismos destes predadores como, por exemplo, as moléculas dos inseticidas, podem afetar o conteúdo de macronutrientes de reserva energética importantes para o fornecimento da energia necessária na manutenção das funções corporais dos insetos (Hafeez et al., 2021).

Durante a experimentação, verificou-se que o clorpirifós se mostrou altamente tóxico, eliminando 100% das larvas de *C. externa*, que predaram pulgões *M. sacchari*, pulverizados com os inseticidas em um período de 0 a 1 dia. O mesmo ocorreu na fase adulta em que a população foi eliminada rapidamente após se alimentarem de dieta contendo este inseticida. Estudo semelhante foi conduzido por Carvalho et al. (2002), que corrobora a elevada toxicidade do composto organofosforado clorpirifós em relação às larvas recém-nascidas de *C. externa*, registrando taxas de mortalidade de 97,7% e 100,0%, respectivamente.

Da mesma forma, Sattar (2011) evidenciou uma considerável toxicidade do clorpirifós em relação aos insetos adultos de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), com uma taxa de mortalidade de 91,2% após 48 horas de exposição aos resíduos do produto.

O clorpirifós afeta o sistema nervoso bloqueando os sítios ativos da enzima acetilcolinesterase (AChE) (Rahman et al., 2021). Esse mecanismo resulta no acúmulo de acetilcolina na sinapse, levando a distúrbios neurológicos (Rigitano e Carvalho, 2001). Isso afeta de maneira semelhante tanto insetos benéficos quanto pragas. Diversas pesquisas têm indicado uma baixa seletividade dos organofosforados a inimigos naturais (Toscano et al., 2012).

Por isso, clorpirifós é comumente empregado em testes de seletividade como um padrão de toxicidade para fins de comparação com outros inseticidas (Amaro et al., 2015).

Outro inseticida que eliminou a população foi o lufenurom. Larvas que consumiram presas expostas ao lufenurom tiveram alta mortalidade, com sua população eliminada em até 10 dias após o início do experimento.

Apresentaram baixo consumo de *M. sacchari* com a média de 1,73 presas a cada 2 dias, além da paralisação de seu desenvolvimento na mudança do ínstar 2 para o 3. Isso ocorreu provavelmente devido à inativação da quitina sintase, responsável pela biossíntese de nova quitina durante a ecdise (Desneux et al., 2007), igualmente observado por Sohail et al. (2019a).

Em outro trabalho, o lufenurom causou mortalidade de 100% de larvas de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Em adultos, reduziu a fertilidade, fecundidade e longevidade (Ono et al., 2017). Inibidores da biossíntese de quitina são recomendados para uso no MIP por serem muito específicos, por ter baixa toxicidade a mamíferos e rápida degradação no meio ambiente (Tiwari et al. 2012). Porém, foi observado que o lufenurom, durante fase adulta, reduziu a população de machos a 45% em 3 dias e 50% de fêmeas em 5 dias. Também diminuiu a média de oviposição com 28,3 ovos colocados a cada dois dias, dos quais não foi observado nascimento de larvas. O mesmo foi relatado por Medina et al. (2023), no qual também observaram que o lufenurom diminuiu a porcentagem de emergência de ovos de *C. externa*. Estudos revelam que o uso desnecessário de lufenurom no agroecossistema pode diminuir substancialmente o número de indivíduos agentes de controle biológico (BCAs - Biological Control Agents – insetos predadores) e seria uma grande ameaça ao controle natural empregado por predadores, segundo Sohail et al. (2019a).

Dentre os inseticidas testados, o clorantraniliprole foi o que menos reduziu as larvas de *C. externa* em um intervalo de 10 dias, quando a população foi de 60% em relação ao número de indivíduos utilizados no início deste estudo. Também foi o que menos afetou o consumo de *M. sacchari*, apresentando uma média de predação de 5,26 presas a cada 2 dias. Em todos os três ínstars das larvas de *C. externa*, os resultados de consumo foram estatisticamente iguais ao controle. A menor proporção de impacto a população de *C. externa* e em sua predação pode

estar relacionada ao seu mecanismo de ação. No estudo realizado por Castro et al. (2013), o clorraniliprole demonstrou ser o inseticida com menor toxicidade para o inseto predador *P. nigripinus*. O mesmo foi relatado por Gontijo et al. (2014), que concluíram em seu trabalho que o clorraniliprole é altamente seletivo ao crisopídeo verde comum, *C. carnea*.

O tratamento contendo bifentrina reduziu a população de larvas de *C. externa* a 55% em 10 dias e não diferiu estatisticamente do tratamento controle *M. sacchari* sem aplicação de inseticidas, que manteve sua população em 50% no mesmo intervalo de tempo. Este inseticida pode causar irritação ou repulsão em predadores, afetando diretamente o sistema nervoso central ou periférico (Rinkevich et al., 2013).

Diferentemente do que foi visto com os resultados de predação do clorraniliprole, a bifentrina levou a uma média de consumo menor de *M. sacchari* pelas larvas de *C. externa* com valor de 1,25 no ínstar 1, 1,82 no ínstar 2, 1,48 no ínstar 3 ou uma média de 2,12 se considerarmos os três instares juntos. Pesquisas têm sido conduzidas com piretroides para examinar os impactos na alimentação e na reprodução das espécies de insetos predadores (Desneux et al., 2007; Casida e Durkin, 2013), revelando frequentemente efeitos subletais destes inseticidas também em outras espécies de predadores como *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e *Chauliognathus flavipes* (Fabricius) (Coleoptera: Cantharidae). Porém, um trabalho realizado com *Chrysoperla sinica* (Tjeder) (Neuroptera: Chrysopidae) mostrou o aumento das atividades de enzimas protetoras, como superóxido dismutase, peroxidase e catalase, e enzimas de desintoxicação, incluindo carboxilesterase, glutathione-S-transferase e P450 monooxigenases, ao passar do tempo após exposição a um piretroide (Zhang et al., 2022).

Isso está em concordância com o presente trabalho, no qual observamos o aumento na média de predação ao avançar os instares. Outro trabalho aponta que esterases presentes em larvas de *C. carnea* têm alta atividade hidrolisante contra vários piretroides sintéticos e são um fator importante que auxilia na tolerância natural a estes compostos (Ishaaya; Casida, 1985).

O efeito dos inseticidas sobre os predadores pode variar dependo dos estágios de desenvolvimento (Shankarganesh, Naveen e Bishwajeet, 2017), e isso corrobora o presente trabalho, no qual os tratamentos com clorraniliprole e bifentrina apresentaram respostas diferentes entre as fases de larva e adulta.

Durante a fase adulta, foi observado que a bifentrina reduziu a população de *C. externa*; porém, a porcentagem de sobrevivência atingida não diferiu em relação ao tratamento controle, obtendo valores de 95% para fêmeas e 75% para os machos. A baixa alteração no ciclo de vida dos adultos e na média de oposição comparada ao controle pode estar ligada à capacidade de

rápida degradação de compostos nocivos por aumento dos níveis de esterase não específica (EST). Porém, mesmo este aumento de atividade protegendo adultos não assegura a fertilidade (Mulligan et al., 2009), igualmente observado no presente trabalho, onde a média de larvas emergidas foi de 30,7 contra 47,8, sendo estatisticamente diferentes.

É importante que os efeitos dos inseticidas sejam minimizados em adultos para não afetar a continuidade do controle de pragas feito por gerações sucessivas destes insetos (Shankarganesh, Naveen e Bishwajeet, 2017). Mesmo a fertilidade dos adultos sendo levemente afetada, ainda assim o tratamento com bifentrina foi o único que obteve emergência de larvas da geração subsequente.

O clorraniliprole é considerado muito específico a lepidópteros e representa baixo risco aos inimigos naturais (Du e Fu, 2023). No entanto, é possível que sua ingestão direta através de dieta artificial possa potencializar a toxicidade de inseticidas e isso foi o que possivelmente levou à morte prematura dos adultos de *C. externa*. Trabalhos que corroboram esta hipótese verificaram que pólen e néctar são importantes fontes de alimentação aos inimigos naturais (Lundgren, 2009; Choate e Lundgren 2012; Wackers, Romeis e Van Rijn, 2007) e podem servir de via para contaminação de inimigos naturais por ingestão (Easton e Goulson, 2013).

Ao avaliar os efeitos causados nos adultos de *C. externa* alimentados com dietas contendo este inseticida, observamos uma queda severa no número da população, e que, passados 10 dias, todos os insetos estavam mortos. Existem muitas pesquisas testando sua toxicidade aos insetos predadores os quais o consideram muito seguro, mas poucas são as informações sobre seus efeitos quando ingerido. Um trabalho com estames de plantas de girassol que receberam tratamento de sementes com clorraniliprole aponta que ele foi altamente tóxico ao predador *C. carnea* adulto, quando ingeriu o seu pólen. Por outro lado, larvas de *C. externa* não sofreram efeitos negativos quando receberam aplicação tópica (Gontijo et al., 2014).

## 5 CONCLUSÃO

Os inseticidas testados afetam o comportamento predatório das larvas de *C. externa* durante todos os instares, com exceção ao clorraniliprole. O inseticida bifentrina foi menos prejudicial que os demais, quando observados os resultados de sobrevivência de larvas e adultos de *C. externa*, assim como as médias de oviposição. Já o número de larvas eclodidas na geração F1 de *C. externa* foi 35,8% menor em relação ao controle. Ainda assim, foi o único tratamento em que houve eclosões de larvas. Mesmo o inseticida bifentrina mostrando-se menos prejudicial que os demais, é necessário avaliar seus efeitos através de exposições diretas antes de recomendá-lo com segurança no MIP.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, J. T.; BUENO, A. F.; POMARI-FERNANDES, A. F.; NEVES, P. M. O. J. Selectivity of organic products to *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 44, p. 489-497, 2015. DOI: 10.1007/s13744-015-0317-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-015-0317-2>. Acesso em: 2 ago. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT - Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>. Acesso em: 16 out. 2023.
- CARVALHO, G. A. et al. Seletividade de inseticidas a *Crysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 615-621, 2002. DOI: 10.1590/S1519-566X2002000400015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/ckjL9VRjNyydDXkmQs9KMdy/?lang=pt>. Acesso em: 9 ago. 2023.
- CASIDA, J. E., DURKIN, K. A. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 99-117, 2013. DOI: 10.1146/annurev-ento-120811-153645. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ento-120811-153645>. Acesso em: 9 nov. 2023.
- CASTILHOS, R. V.; GRUTZMACHER, A. D.; COATS, J. R. Acute Toxicity and Sublethal Effects of Terpenoids and Essential Oils on the Predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 311–317, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0547-6>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28762217/>. Acesso em: 6 set. 2023.
- CASTRO, A. A.; DE CORREA, A. S.; LEGASPI, J.C.; GUEDES, R. N. C.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). **Chemosphere**, v. 93, p. 1043-1050, 2013. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.05.075. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513008217>. Acesso em: 15 out. 2023.
- CHOATE, B.; LUNDGREN, J.G. Why eat extrafloral nectar? Understanding food selection by *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **BioControl**, v. 25, p. 359-367, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9501-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-012-9501-z>. Acesso em: 4 out. 2023.
- COLARES, F. et al. Recruitment of aphidophagous arthropods to sorghum plants infested with *Melanaphis sacchari* and *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae). **Biological Control**, [s. l.], v. 90, p. 16–24, 2015. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2015.05.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964415001139>. Acesso em: 12 ago. 2023.

CONTRERAS-RAMOS, A; ROSAS, M. V. Biodiversidad de Neuroptera en México. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, [s. l.], v. 85, p. 264–270, 2014. DOI 10.7550/rmb.32677.

Disponível em: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532014000200032#:~:text=La%20fauna%20de%20Neuroptera%20es,6%25%20de%20la%20fauna%20mundial](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532014000200032#:~:text=La%20fauna%20de%20Neuroptera%20es,6%25%20de%20la%20fauna%20mundial). Acesso: 10 out. 2023.

CORDEIRO, E. M. G. et al. Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. **Chemosphere**, v. 81, p. 1352-1357, 2010. DOI 10.1016/j.chemosphere.2010.08.021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653510009008>. Acesso em: 23 out. 2023.

DEFARGE, N.; OTTO, M.; HILBECK, A. A Roundup herbicide causes high mortality and impairs development of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 865, p. 161158, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161158. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722082614>. Acesso em: 25 set. 2023.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**. v. 52, p. 81-106, 2007. DOI 10.1146/annurev.ento.52.110405.091440. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>. Acesso em: 15 set. 2023.

DHANDAPANI, N.; SARKAR, P.; MISHRA, G. Chrysopids. **Ecofriendly Pest Management for Food Security**, [s. l.], p. 311–327, 2016. DOI: 10.1016/B978-0-12-803265-7.00010-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128032657000105>. Acesso em: 5 out. 2023.

DU, J.; FU, Y. Diamide insecticides targeting insect ryanodine receptors: Mechanism and application prospect. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 670, p. 19-26, 2023. DOI: 10.1016/j.bbrc.2023.05.107. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37271036/>. Acesso em: 5 out. 2023.

EASTON, A. H.; GOULSON, D. The Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid Repels Pollinating Flies and Beetles at Field-Realistic Concentrations. **Plos One**, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0054819. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0054819>. Acesso em: 6 out. 2023.

FARIAS, E. S. et al. Comparative toxicity of coffee insecticides to the green lacewing *Chrysoperla externa* in laboratory and persistence trials. **Crop Protection**, v. 172, 2023. DOI: 10.1016/j.cropro.2023.106336. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026121942300159X>. Acesso em: 16 out. 2023.

FERNANDES, M. E. S.; FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; QUEIROZ, R. B.; SILVA, R. S.; HUERTAS, A. A.G. Physiological selectivity of insecticides to *Apis mellifera*

(Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae) in citrus. **Sociobiology**, v. 51, p. 765- 774, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/273665664\\_Physiological\\_Selectivity\\_of\\_Insecticides\\_to\\_Apis\\_mellifera\\_Hymenoptera\\_Apidae\\_and\\_Protonectarina\\_sylveirae\\_Hymenoptera\\_Vespidae\\_in\\_Citrus](https://www.researchgate.net/publication/273665664_Physiological_Selectivity_of_Insecticides_to_Apis_mellifera_Hymenoptera_Apidae_and_Protonectarina_sylveirae_Hymenoptera_Vespidae_in_Citrus). Acesso em: 10 set. 2023.

FLORES, G. C. et al. Liberación de *Chrysoperla argentina* (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera, Aleyrodidae) en invernáculo de pimiento en Tucumán, Argentina. **Intropica**, v. 10, p. 28-36, 2015. DOI: 10.21676/23897864.1645. Disponível em: <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/1645>. Acesso em: 23 out. 2023.

FONSECA, A. R.; CARVALHO, C. F.; CRUZ, I.; SOUZA B, ECOLE, C. C. Development and predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different temperatures. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 41, p. 4-11, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1021651/development-and-predatory-capacity-of-chrysoperla-externa-neuroptera-chrysopidae-larvae-at-different-temperatures>. Acesso em: 15 out. 2023.

GÓMEZ-GUZMÁN. J. A.; SAINZ-PÉREZ. M.; GONZÁLEZ-RUIZ. R. Monitoring and Inference of Behavioral Resistance in Beneficial Insects to Insecticides in Two Pest Control Systems: IPM and Organic. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 538, 2022. DOI: 10.3390/agronomy12020538. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/2/538>. Acesso em: 14 set. 2023.

GONTIJO, P. C, MOSCARDINI, V. F, MICHAUD, J. P, CARVALHO, G. A. Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. **Journal of Pest Science**, v. 87, p. 711–719, 2014. DOI: 10.1007/s10340-014-0611-5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-014-0611-5>. Acesso em: 21 out. 2023.

HAFEEZ, M. et al. Sublethal effects of bistrifluron on key biological traits, macronutrients contents and vitellogenin (*SeVg*) expression in *Spodoptera exigua* (Hübner). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 174, 2021. DOI: 10.1016/j.pestbp.2021.104802. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004835752100033X>. Acesso em: 2 ago. 2023.

HAM, E. H.; LEE, J. S.; JANG, M. Y.; PARK, J. K. Toxic effects of 12 pesticides on green lacewing, *Chrysoperla nipponensis* (Neuroptera: Chrysopidae). **Entomological Research**, v. 49, p. 305-312, 2019. DOI: 10.1111/1748-5967.12366. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1748-5967.12366>. Acesso em: 27 out. 2023.

ISHAAYA, I.; CASIDA, J. E. Pyrethroid esterase may contribute to natural pyrethroid tolerance of larvae of the green lacewing. **Environmental Entomology**, Maryland, v. 10, n. 5, p. 681-683, 1985. DOI: 10.1093/ee/10.5.681. Disponível em: <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/10/5/681/2392978?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 22 out. 2023.

JIANG, J.G.; ZHANG, Z.Q.; YU, X.; YU, C.H.; LIU, F.; MU, W. Sublethal and transgenerational effects of thiamethoxam on the demographic fitness and predation performance of the seven-spot ladybeetle *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere**, v. 216, p. 168-178, 2019. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.10.126. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518319878>. Acesso em: 8 ago. 2023.

JOSE-PABLO, R.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J. A.; VARGAS-MENDOZA, M. de la C. HUERTA-DE-LA-PEÑA. Life cycle and larval predation by *Ceraeochrysa valida* (Banks) on nymphs of *Diaphorina citri* Kuwayama. **Southwest Entomol**, v. 42, p. 61-72, 2017. DOI: 10.3958/059.042.0107. Disponível em: <https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-42/issue-1/059.042.0107/Life-Cycle-and-Larval-Predation-by-Ceraeochrysa-valida-Banks1-on/10.3958/059.042.0107.short>. Acesso em: 5 out. 2023.

LIRA, A. C. S. et al. Physiological and behavioral interactions of a predator with its prey under indirect exposure to the insect growth regulator lufenuron. **Crop Protection**, v. 137, 2020. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105289. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219420302222>. Acesso em: 10 nov. 2023.

LUNDGREN, J. Relationships of Natural Enemies and Non-Prey Foods. **Springer**, v. 7, 2009. DOI: 10.1007/978-1-4020-9235-0, Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-9235-0>. Acesso em: 8 ago. 2023.

MARTINS, et al. Is *Ceraeochrysa cubana* a coffee leaf miner predator? **Biological Control**, v. 160, 2021. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2021.104691. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964421001602#:~:text=Ceraeochrysa%20cubana%20larvae%20successfully%20prey,leaf%20miner%20\(CLM\)%20eggs.&text=Second%20and%20third%20instar%20of,on%20CLM%20larvae%20and%20pupae](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964421001602#:~:text=Ceraeochrysa%20cubana%20larvae%20successfully%20prey,leaf%20miner%20(CLM)%20eggs.&text=Second%20and%20third%20instar%20of,on%20CLM%20larvae%20and%20pupae). Acesso em: 11 ago. 2023.

MANSOOR, M. M. et al. Post-exposure temperature influence on the toxicity of conventional and new chemistry insecticides to green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 22, p. 317-321, 2015. DOI 10.1016/j.sjbs.2014.10.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X14001375>. Acesso em: 12 set 2023.

MEDINA, P.; BUDIA, F.; DEL ESTAL, P.; VINEULA, E. Effects of three modern insecticides, pyriproxyfen, spinosad and tebufenozide, on survival and reproduction of *Chrysoperla carnea* adults. **Annals of Applied Biology**, v. 142, p. 55–61, 2023. DOI:10.1111/j.1744-7348.2003.tb00229.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00229.x>. Acesso em: 20 ago. 2023.

MULLIGAN, E. A. et al. Characterisation of adult green lacewing (*Chrysoperla carnea*) digestive physiology: impact of a cysteine protease inhibitor and a synthetic pyrethroid. **Pest Management Science**, v. 66, n. 3, p. 325-336, 2009. DOI: 10.1002/ps.1879. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.1879>. Acesso em: 13 ago. 2023.

ONO, E. K. et al. Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. **Chemosphere**, v. 168, 2017. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.10.061. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27776238/>. Acesso em: 7 ago. 2023.

RAHMAN et al. A comprehensive review on chlorpyrifos toxicity with special reference to endocrine disruption: Evidence of mechanisms, exposures and mitigation strategies. **Science of The Total Environment**. v. 755, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142649. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33059141/>. Acesso em: 10 out. 2023.

RIGITANO, R. L. O.; CARVALHO, G. A. **Toxicologia e seletividade de inseticidas**. UFLA/FAEPE, Lavras, 2001, p. 72.

RINKEVICH, F. D.; DU, Y.; DONG, K. Diversity and convergence of sodium channel mutations involved in resistance to pyrethroids. **Pesticide Biochemistry and Physiology** v. 106, p. 93-100, 2013. DOI: 10.1016/j.pestbp.2013.02.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/pesticide-biochemistry-and-physiology>. Acesso em: 11 ago. 2023.

RUGNO, G. R. et al. Pest Management Systems and Insecticide Tolerance of Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 3, p. 1183–1189, 2019. DOI: 10.1093/jee/toz024. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article/112/3/1183/5320705>. Acesso em: 9 out. 2023.

SHANKARGANESH, K.; NAVEEN, N. C.; BISHWAJEET, P. Effect of Insecticides on Different Stages of Predatory Green Lacewing, *Chrysoperla zastrowi sillemi* (Esbens-Petersen). **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v. 87, p. 1415-1422, 2017. DOI: 10.1007/s40011-016-0719-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40011-016-0719-x>. Acesso em: 9 set. 2023.

SATTAR, M.; ABRO, G. H.; YED, T. S. Effect of different hosts on biology of *Chrysoperla carnea* (Stehens) (Neuroptera: Chrysopidae) laboratory conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, Lahore, v. 43, n. 6, p. 1049-1054, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/268383542\\_Effect\\_of\\_Different\\_Hosts\\_on\\_Biology\\_of\\_Chrysoperla\\_carnea\\_Stephens\\_Neuroptera\\_Chrysopidae\\_in\\_Laboratory\\_Conditions](https://www.researchgate.net/publication/268383542_Effect_of_Different_Hosts_on_Biology_of_Chrysoperla_carnea_Stephens_Neuroptera_Chrysopidae_in_Laboratory_Conditions). Acesso em: 13 ago. 2023.

SOARES, A. F. T.; CARVALHO, G. A. Physiological selectivity of insecticides to eggs and larvae of predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Coffee Science**, v. 13, p. 292-303, 2018. DOI: 10.25186/cs.v13i3.1441. Disponível em: <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1441>. Acesso em: 11 out. 2023.

SOHAIL, M., KHAN, S. S.; MUHAMMAD, R. et al. Impact of insect growth regulators on biology and behavior of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ecotoxicology**, v. 28, 1115–1125, 2019a. DOI: 10.1007/s10646-019-02114-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-019-02114-1>. Acesso em: 28 ago. 2023.

SOHAIL, M. et al. Resistance Potential of *Chrysoperla carnea* (Stephens) to Insecticides Used Against Sucking Complex of Cotton. **International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2019b. DOI: 10.11648/j.ijee.20190401.11. Disponível em: <https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648.j.ijee.20190401.11>. Acesso em: 12 set. 2023.

TAVARES, W. S; CRUZ, I.; SILVA, R. B.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Prey consumption and development of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. **Maydica**, v. 56, p. 283-289, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/261796952\\_Prey\\_consumption\\_and\\_development\\_of\\_Chrysoperla\\_externa\\_Neuroptera\\_Chrysopidae\\_on\\_Spodoptera\\_frugiperda\\_Lepidoptera\\_Noctuidae\\_eggs\\_and\\_larvae\\_and\\_Anagasta\\_kuehniella\\_Lepidoptera\\_Pyralidae\\_eggs](https://www.researchgate.net/publication/261796952_Prey_consumption_and_development_of_Chrysoperla_externa_Neuroptera_Chrysopidae_on_Spodoptera_frugiperda_Lepidoptera_Noctuidae_eggs_and_larvae_and_Anagasta_kuehniella_Lepidoptera_Pyralidae_eggs). Acesso em: 13 set. 2023.

THÖMING, G; KNUDSEN, G. Semiochemicals and habitat manipulation to support green lacewing activity to reduce aphid infestations in agroecosystems. **Basic and Applied Ecology**, [s. l.], v. 51, p. 30–42, 2021. DOI 10.1016/j.baae.2021.01.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1439179121000050>. Acesso em: 15 out. 2023.

TIWARI, S.; CLAYSON, P. J, KUHNS, E. H, STELINSKI, L. L. Effects of buprofezin and diflubenzuron on various developmental stages of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. **Pest Management Science**, v. 68, p. 1405-1412, 2012. DOI: 10.1002/ps.3323. Disponível em: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22653617/#:~:text=Results%3A%20The%20%2D1%2D,mL\(%2D1\)%20rates%20respectively](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22653617/#:~:text=Results%3A%20The%20%2D1%2D,mL(%2D1)%20rates%20respectively). Acesso em 4 out. 2023.

TOSCANO, L. C.; CALADO FILHO, G. C.; CARDOSO, A. M.; MARUYAMA, W. I.; TOMQUELSKI, G. V. Impacto de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e seus inimigos naturais em milho safrinha cultivado em Cassilândia e Chapadão do sul, MS. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 223-231, 2012. DOI: 10.1590/S1808-16572012000200010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/Njh9wZ4KQPzr6wgMVbs6fGm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2023.

TRIVELLATO, G. F.; FILHO, E. B.; POLETTI, M. Aspectos biológicos e suas implicações na produção massal de *Chrysoperla externa* HAGEN, 1861 (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE). **Revista de Agricultura** v. 87, n.1, p. 45-53, 2012. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-20102010-150132/publico/Guilherme\\_Trivellato.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-20102010-150132/publico/Guilherme_Trivellato.pdf). Acesso em: 21 nov. 2023.

WACKERS, F.; ROMEIS, J.; VAN RIJN, P. C. J. Nectar and Pollen Feeding by Insect Herbivores and Implications for Multitrophic Interactions. **Annual Review of Entomology**, v. 52, n. 1, p. 301-323, 2007. DOI: 10.1146/annurev.ento.52.110405.091352. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16972766/>. Acesso em: 22 out. 2023.

WANUMEN A. C. et al. Impact of Feeding on Contaminated Prey on the Life Parameters of *Nesidiocoris Tenuis* (Hemiptera: Miridae) Adults. **Journal of Insect Science**, v. 1, n. 103, 2016. DOI: 10.1093/jisesa/iew084. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/308830688\\_Impact\\_of\\_Feeding\\_on\\_Contaminated\\_](https://www.researchgate.net/publication/308830688_Impact_of_Feeding_on_Contaminated_)

Prey\_on\_the\_Life\_Parameters\_of\_Nesidiocoris\_Tenuis\_Hemiptera\_Miridae\_Adults. Acesso em: 16 set .2023.

WARI, D.; TAKAGI, M.; OGAWARA, T. Simplified insecticide toxicity determination method for *Nesidiocoris tenuis* using contaminated diet. **MethodsX**, v. 8, 2021. DOI: 10.1016/j.mex.2021.101220. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016121000121>. Acesso em: 13 out. 2023.

WINTERTON, S.; DE FREITAS, S. Molecular phylogeny of the green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). **Australian Journal of Entomology**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 235–243, 2006. DOI: 10.1111/j.1440-6055.2006.00537.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1440-6055.2006.00537.x>. Acesso em: 10 set. 2023.

XIAO, D.; ZHAO, J.; GUO, X.J.; CHEN, H.Y.; QU, M.M.; ZHAI, W.G.; DESNEUX, N.; BIONDI, A.; ZHANG, F.; WANG, S. Sublethal effects of imidacloprid on the predatory seven-spot ladybird beetle *Coccinella septempunctata*. **Ecotoxicology**, v. 25, p. 1782-1793, 2016. DOI: 10.1007/s10646-016-1721-z. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27670666/#:~:text=When%20the%20effects%20of%20sublethal,56.09%20%25%20compared%20to%20control%20population>. Acesso em: 12 ago. 2023.

YAO, Q., et al. Predatory stink bug, *Eocanthecona furcellata* (Wolff) responses to oral exposure route of  $\lambda$ -cyhalothrin via sex-specific modulation manner. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 192, 2023. DOI: 10.1016/j.pestbp.2023.105381. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37105612/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

YU, C.H.; LIN, R.H.; FU, M.R.; ZHOU, Y.M.; ZONG, F.L.; JIANG, H.; LV, N.; PIAO, X.Y.; ZHANG, J.; LIU, Y.Q.; BROCK, T.C.M. Impact of imidacloprid on life-cycle development of *Coccinella septempunctata* in laboratory microcosms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v. 110, p. 168–173, 2014. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2014.08.022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014765131400400X>. Acesso em: 15 out. 2023.

ZHANG, C.X., et al. Sublethal effects of tolfenpyrad on the development, reproduction, and predatory ability of *Chrysoperla sinica*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 236, 2022. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.113482. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35367884/>. Acesso em: 20 out. 2023.