



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

HELLANNY MATOS DA SILVA

**Toxicidade de inseticidas ao parasitoide *Tetrastichus giffardianus* Silvestri
(Hymenoptera: Eulophidae)**

MOSSORÓ-RN

2023

HELLANNY MATOS DA SILVA

**Toxicidade de inseticidas ao parasitoide *Tetrastichus giffardianus* Silvestri
(Hymenoptera: Eulophidae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Entomologia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

Coorientadora: Dra. Elania Clementino
Fernandes

MOSSORÓ-RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva

ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D586t Da Silva, Hellanny Matos.
Toxicidade de inseticidas ao parasitoide
Tetrastichus giffardianus Silvestri (Hymenoptera:
Eulophidae) / Hellanny Matos Da Silva. - 2023.
30 f. : il.

Orientador: Elton Lucio De Araujo.
Coorientadora: Elania Clementino Fernandes .
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2023.

1. Moscas-das-Frutas. 2. Manejo integrado de
pragas. 3. Iscas tóxicas. 4. Parasitoides. I. De
Araujo, Elton Lucio, orient. II. Fernandes ,
Elania Clementino, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas

da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HELLANNY MATOS DA SILVA

**Toxicidade de inseticidas ao parasitoide *Tetrastichus giffardianus* Silvestri
(Hymenoptera: Eulophidae)**

Defendida em: 17 / 02 / 2023

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Entomologia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

Coorientadora: Dra. Elania Clementino Fernandes

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa (UFMG)
Membro Examinador

Dra. Elania Clementino Fernandes (UFERSA)
Membro Examinador

Dr. Daniell Rodrigo Rodrigues Fernandes (INPA)
Membro Examinador

RESUMO

Silva, Hellanny Matos da. Toxicidade de inseticidas ao parasitoide *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae). 2023. 30f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN 2023.

Ceratitis capitata (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) é considerada uma das mais importantes pragas da fruticultura mundial. No Brasil, o controle desse díptero é realizado principalmente com o uso de inseticidas, aplicados por cobertura ou iscas tóxicas. Entretanto, existe uma preocupação acerca dos efeitos dos defensivos agrícolas ao ambiente e sobre os agentes de mortalidade biótica como por exemplo os parasitoides. *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) é um parasitoide que foi introduzido no Brasil com o intuito de controlar *C. capitata*. Estudos a respeito dos aspectos biológicos desse eulofídeo foram desenvolvidos, porém são escassas as informações acerca da interação com iscas tóxicas (inseticida + atrativo alimentar), e influência que estas têm sobre a mortalidade e seus parâmetros biológicos. Dessa forma, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito letal e subletal de iscas tóxicas utilizadas para o controle de *C. capitata* em pomares de mangueira (*Mangifera indica* L.), sobre *T. giffardianus*. O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada, Setor de Fitossanidade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Mossoró/RN. Para avaliar o efeito letal e subletal das iscas sobre os adultos de *T. giffardianus*, foi utilizado o método de contaminação via ingestão. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo constituído por 4 tratamentos: (T1) Mel, (T2) Piretroide + Melaço, (T3) Espinetoram + Melaço e (T4) Espinosade. Cada repetição foi composta por 10 parasitoides (cinco machos e cinco fêmeas) com até 48 horas de idade. Os inseticidas foram dosados, diluídos em água destilada e misturadas ao atrativo alimentar (melaço de cana-de-açúcar). Os parasitoides foram acondicionados em gaiolas de plástico (20 x 20,5 x 15,5 cm), no seu interior uma placa de Petri com uma esponja (3 x 4 cm) embebidas com os respectivos tratamentos. Os parasitoides foram expostos aos tratamentos por 24 horas, após esse período estes foram retirados e foi fornecido o alimento padrão para o parasitoide (mel puro). Avaliação do efeito letal das iscas foi realizada 1, 3, 6, 9, 12, 24 e 48 horas após a exposição de *T. giffardianus* aos tratamentos. Para avaliação do efeito subletal foi ofertado durante seis dias, após a exposição do inseto ao produto, larvas de *C. capitata* para avaliação dos parâmetros biológicos. Dentre os tratamentos os produtos que tinham como base espinosade e espinetoram apresentaram uma mortalidade de 81% e 92% respectivamente. Já o ingrediente ativo deltrametrina a mortalidade foi de 80%. Para os parâmetros biológicos, o parasitismo e número de descendentes foi superior na testemunha mel puro, a razão sexual foi acometida apenas para o tratamento com espinetoram.

Palavras chaves: Moscas-das-Frutas; Manejo integrado de pragas; Iscas tóxicas; Parasitoides.

ABSTRACT

Silva, Hellanny Matos da. Toxicity of insecticides to the parasitoid *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae). 2023. 30f. Dissertation (Master in Plant Science) Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN 2023.

Ceratitis capitata (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) is considered one of the most important pests of fruit production worldwide. In Brazil, the control of this dipteran is carried out mainly with the use of insecticides applied by coverage or toxic baits. However, there is concern about the effects of pesticides on the environment and on agents of biotic mortality such as parasitoids. *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) is a parasitoid that was introduced in Brazil with the aim of controlling *C. capitata*. Studies on the biological aspects of this eulophid have been developed, but there is little information about its interaction with toxic baits (insecticide + food attractant), and the influence that these have on survival and its biological parameters. Thus, this study aimed to evaluate the lethal and sublethal effect of toxic baits used to control *C. capitata* in mango orchards (*Mangifera indica* L.), on *T. giffardianus*. The experiment was carried out at the Laboratory of Applied Entomology, Sector of Phytosanitary of , Universidade Federal Rural do Semi-Árido Campus Mossoró/RN. To evaluate the lethal and sublethal effect of the baits on *T. giffardianus* adults, the method of contamination via ingestion was used. The experimental design used was completely randomized (DIC), consisting of 4 treatments: (T1) Honey, (T2) Deltramethrin + Molasses, (T3) Spinetoram+ Molasses and (T4) Spinosade. Each replicate consisted of 10 parasitoids (five males and five females) aged up to 48 hours. The insecticides were dosed, diluted in distilled water and mixed with the food attractant. The parasitoids were placed in plastic cages (20 x 20.5 x 15.5 cm), inside a Petri dish with a sponge (3 x 4 cm) soaked with the respective treatments. The parasitoids were exposed to the treatments for 24 hours, after which they were removed and the standard food for the parasitoid (pure honey) was provided. Assessment of the lethal effect of the baits was carried out 1, 3, 6, 9, 12, 24 and 48 hours after exposure of *T. giffardianus* to the treatments. For the evaluation of the sublethal effect, *C. capitata* larvae were offered for six days, after the insect was exposed to the product, to evaluate the biological parameters. Among the treatments, the products based on Spinosad and Spinetoram showed a mortality rate of 81% and 92%, respectively. As for the active ingredient Deltamethrin, mortality was 80%. For the biological parameters, the parasitism and number of descendants was higher in the pure honey control, the sex ratio was affected only for the treatment with Spinetoram.

Keywords: Fruit flies; Integrated pest management; Toxic baits; Parasitoids.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação dos inseticidas utilizados no experimento.....	16
Tabela 2. Mortalidade acumulada (%) de <i>T. girffardianus</i> após 48 horas.....	20
Tabela 3. Tempo letal mediano (TL50) da população de <i>T. giffardianus</i> após a exposição de diferentes iscas tóxicas.....	20
Tabela 4. Parasitismo acumulado (%) e redução do parasitismo (%) de <i>T. giffardianus</i> após a exposição via ingestão a diferentes iscas tóxicas.....	22
Tabela 5. Número de descendentes acumulado de <i>T. giffardianus</i> e razão sexual após a exposição de diferentes iscas tóxicas.....	22

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. Cultura da mangueira.....	10
2.2 <i>Ceratitits capitata</i> (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)	11
2.3 Toxicidade de inseticidas à parasitoides	12
2.4 Manejo integrado de pragas	13
2.5 <i>Tetrastichus giffardianus</i> Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae)	13
3.MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Local de estudo	15
3.2 Criação de <i>C. capitata</i>	15
3.3 Criação de <i>T. giffardianus</i>	16
3.4. Inseticidas Avaliados	16
3.5 Avaliação da toxicidade letal de iscas tóxicas em adultos de <i>T. giffardianus</i>	17
3.6 Avaliação dos efeitos subletais de inseticidas em adultos de <i>T. giffardianus</i>	18
3.7 Parâmetros biológicos analisados	18
3.8 Análises estatísticas	18
4. RESULTADOS	18
4.1 Toxicidade letal sobre adultos de <i>T. giffardianus</i>	18
4.2 Efeitos subletais de iscas tóxicas sobre adultos de <i>T. giffardianus</i>	19
5. DISCUSSÃO	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
7. REFERÊNCIAS	24

1.INTRODUÇÃO

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) estão entre as pragas mais importantes da fruticultura mundial (MONTE e RAGA, 2006; SCOLARI et al., 2021). Dentre esses Tefritídeos, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) se destaca por sua importância econômica e quarentenária (ZUCCHI, 2001; COLACCI, TREMATERRA e SCIARRETTA, 2022). Essa importância se dá devido a atributos biológicos que contribuem para o estabelecimento e distribuição desse díptero, dentre eles, por ser uma praga polífaga, que infesta cerca de 350 espécies de frutas em várias partes do mundo (DESCHEPPER et al., 2021; SCIARRETTA et al., 2018; MCQUATE e LÍQUIDO, 2017).

No Brasil, cerca de 115 espécies em 31 famílias botânicas sofrem com o ataque desse díptero, dentre elas os frutos da mangueira (*Mangifera indica* L.) são uns dos mais infestados por *C. capitata*. As larvas desse tefritídeo consomem a polpa dos frutos causando danos diretos à produção (GRECHI et al., 2021; ZUCCHI e MORAIS, 2022). Na cultura da mangueira a forma de controle mais utilizada é o controle químico, na qual os principais grupos de inseticidas utilizados são os piretroides e espinosinas, na forma de iscas tóxicas, onde se tem a mistura do inseticida com um atrativo alimentar (RAGA et al., 2018; AGROFIT, 2022). Uma alternativa é o uso de uma formulação pronta denominada de Success 0,02 CB (BORGES et al., 2015).

Entretanto, o Manejo Integrado de Pragas é uma importante ferramenta que visa combater pragas por meio de métodos alternativos ao controle químico e dentro desses sistemas é essencial entender se o uso dessas iscas tóxicas pode causar impacto negativo sobre os inimigos naturais, pois estes contribuem para a regulação da população dessa praga nos pomares (DESNEUX et al., 2007; BAPTISTE et al., 2021). O controle biológico no manejo de uma praga pode ser utilizado por meio da conservação ou liberação de inimigos naturais, sendo os parasitoides considerados uns dos principais agentes de controle de moscas-das-frutas (ALUJA et al., 2014; SCHLESENER et al., 2019). Assim, estudos sobre a toxicidade de inseticidas utilizados no controle de tefritídeos pragas, são fundamentais para a utilização do manejo integrado de pragas (FARAH et al., 2019).

Desta forma, escolher inseticidas agrícolas que apresentem baixa toxicidade aos parasitoides podem potencializar a eficácia de programas de manejo integrado das moscas-das-frutas, seja por meio de conservação ou liberação de parasitoides (JIANG et al., 2019; SCHLESENER et al., 2019).

Tetrastichus giffardianus Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) se caracteriza por ser um endoparasitoide, cenobionte e gregário (FERNANDES et al., 2019). Esse Eulofídeo parasita as larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* (COSTA et al., 2005). Estudos sobre *T. giffardianus* foram realizados (FERNANDES et al., 2019; 2020) a fim de conhecer sobre os aspectos biológicos desse parasitoide e avaliar seu potencial uso no controle de *C. capitata* no semiárido brasileiro. Nestes estudos foi sugerido que *T. giffardianus* apresenta potencial para ser utilizado em futuros programas de controle biológico de *C. capitata* no Brasil.

Entretanto, apesar do potencial de *T. giffardianus* para supressão de *C. capitata*, são escassas as informações acerca de sua interação com iscas tóxicas e influência que estas têm sobre a sobrevivência e os parâmetros biológicos desse parasitoide. Assim, este estudo teve como principal objetivo avaliar a toxicidade de inseticidas utilizados para o controle de *C. capitata* em pomares de mangueira sobre *T. giffardianus*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cultura da mangueira.

A mangueira pertence à família botânica das Anacardiáceas (SUBRAMANYAM; KRISHNAMURTHY e PARPIA, 1975), sendo uma espécie frutícola produzida em áreas de clima tropical e subtropical, com boa adaptação às condições climáticas do Brasil (WANG et al., 2020; COSTA-LIMA et al., 2022).

Essa fruta tem apresentado bons índices de produção e vendas no mercado, além de ter alta aceitação entre os consumidores (SILVA et al., 2021). Dentre os locais que produzem essa anacardiácea, a região nordeste é responsável por concentrar a maior produção devido às condições edafoclimáticas compatíveis, somado a investimentos para uma maior tecnificação da cultura (SOUZA et al., 2019).

No entanto, o cultivo da mangueira apresenta algumas limitações como a presença de insetos-praga, dentre eles as moscas-das-frutas, que são pragas primárias e causam danos diretos e indiretos a produção (SOARES et al., 2020; SUSANTO et al., 2022).

Esses tefrítideos pragas apresentam importância quarentenária em várias partes do mundo, onde muitas das vezes os países impõem barreiras fitossanitárias impedindo a exportação de locais onde essas pragas estão presentes (LEITE et al., 2017).

No Brasil, as moscas-das-frutas que apresentam maior importância econômica e quarentenária pertencem ao gênero *Anastrepha* Schiner (Diptera:Tephritidae), onde existe

mais de 128 espécies registradas e *Ceratitis* Macquart (Diptera: Tephritidae) representada apenas por *C. capitata* (ZUCCHI e MORAIS, 2022).

2.2 *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae).

Ceratitis capitata é originária da região leste da África subsaariana, porém ao longo dos anos conseguiu se dispersar pelos países do mediterrâneo e posteriormente para regiões da América do sul, Central e Austrália, e atualmente encontra-se disseminada por todas as regiões tropicais do mundo (ZUCCHI, 2000; KOULOSSIS et al., 2022). Esse díptero é considerado extremamente invasivo. Seus atributos morfológicos, fisiológicos e comportamentais garantem seu sucesso biológico e reprodutivo (YUVAL e HENDRICHS 1999; MALACRIDA et al., 2007).

Trata-se de uma praga polífaga e infesta frutos de hospedeiros comerciais e silvestres (GROVÉ et al., 2017; LIQUÍDO et al., 2019), característica essa que possivelmente explica suas sucessivas populações de moscas durante o ano todo (DUARTE et al., 2021). O primeiro relato de *C. capitata* no Brasil foi em 1901 e hoje encontra-se disseminada praticamente em todo o país se tornando posteriormente um problema recorrente para a fruticultura brasileira (IHERING, 1901; ZUCCHI, 2001).

O dano nos frutos ocorrem devido a perfuração que as fêmeas realizam no hospedeiro maduro com o ovipositor para depositar seus ovos que posteriormente eclodem dando origem a larvas que consomem o interior da polpa, o que conseqüentemente deixa a fruta inviável para consumo e comercialização (NAVA e BOTTON, 2010; MOKRINI et al., 2020).

Com relação aos danos econômicos, que envolve tanto os custos para controle da praga em campo quanto aos cuidados pós-colheita. Quando o manejo não é realizado de forma correta, a infestação desta praga pode chegar a 100% e muitas das vezes levar a restrições de exportação para áreas livres desse díptero (SIEBERT, 1995; BENELLIN, 2015; GUILLEM-AMAT et al., 2020; KOULOSSIS et al., 2022).

De maneira geral, a forma de manejo de moscas-das-frutas é realizada utilizando inseticidas aplicados por cobertura ou iscas tóxicas que podem ser o produto comercial pronto ou uma mistura de atrativos alimentares e produtos químicos (RAGA e SATO, 2016). No Brasil, os produtos registrados para o controle de *C. capitata* em pomares de mangueira na forma de isca tóxicas, tem como base piretroides e espinosinas (AGROFIT, 2022).

Os piretroides pertencem à classe dos inseticidas neurotóxicos (SODERLUND et al., 2002). Essa substância sintética tem como base estruturas naturais das piretrinas proveniente dos crisântemos (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) (PITZER et al., 2021). Os piretroides atuam no sistema nervoso do inseto alterando os movimentos dos canais de sódio, causando aumento na permeabilidade ao sódio da membrana nervosa e provocando movimentos desordenados, convulsões, paralisia e morte do inseto (SODERLUND e BLOOMQUIST, 1989; BRADBERRY et al., 2005).

As espinosinas são originadas pelo processo de fermentação natural da bactéria *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao (BIONDI et al., 2012). As espinosinas causam contrações contínuas no inseto, tremores além da paralisia e posteriormente morte desse artrópode, provocando assim uma hiperexcitação do sistema nervoso, devido seu modo de ação que afeta os receptores nicotínicos de acetilcolina, atuando nos moduladores alostéricos (SALGADO, 1998; BIONDI et al., 2012).

Apesar do controle químico ser o principal método para supressão populacional de moscas-das-frutas, existe uma preocupação em torno dos riscos sobre a toxicidade que essas substâncias têm para organismos não alvos, como inimigos naturais que são agentes de controle biológico desses dípteros (NIKOLOULI et al., 2017). Desta forma causam impactos nos parâmetros biológicos, como sobrevivência, crescimento, desenvolvimento, razão sexual, redução na reprodução e também provocar alterações nos parâmetros comportamentais como capacidade de busca do hospedeiro e captura das presas. Isto ocorre devido ao bloqueio de seus processos fisiológicos ou bioquímicos (CASTRO et al., 2013; SOARES et al., 2019; SOARES et al., 2020)

2.3 Toxicidade de inseticidas à parasitoides.

Inseticidas foram criados para serem eficientes contra insetos pragas, porém, eles também podem apresentar efeitos adversos para insetos não-alvos (GENTZ et al., 2010). Inimigos naturais e pesticidas podem interagir por meio de diferentes formas de exposição direta ou indireta (TORRES e BUENO, 2018).

Na exposição direta o inseto tem contato imediato com o produto, porém, quando esse contato ocorre por meio da ingestão de substâncias tóxicas através do néctar, pólen ou resíduo do produto na planta esta exposição é chamada de indireta, e ambas podem levar a morte do inseto benéfico (BARROS et al., 2017).

Apesar da mortalidade ser o parâmetro mais estudado dentro do tema toxicidade, o estresse causado pelo produto pode levar a alterações no comportamento, alimentação, reprodução e oviposição do parasitoide, o que é prejudicial para o controle biológico seja ele aumentativo ou de conservação (ROUBOS et al., 2014; TORRES e BUENO, 2018).

Um estudo desenvolvido com o parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) testando iscas tóxicas usadas para o manejo de *C. capitata* mostrou que é possível utilizar iscas a base de espinosas associados a *D. longicaudata*, pois esses produtos apresentaram uma mortalidade inferior a 10% em até 96 horas, sendo uma informação positiva pois o mesmo é considerado inoculo segundo IOBC (Organização internacional de controle biológico) (BERNARDI et al., 2019).

Farah et al. (2019) avaliaram a toxicidade de iscas tóxicas sobre o parasitoide *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) e constataram que iscas a base de malathion e espinosade foram nocivos a esse braconídeo. Isso demonstra que bioagentes que foram expostos a inseticidas agrícolas podem ter suas funções biológicas afetadas, ou seja, um efeito subletal desses produtos, o que pode ocasionar até mesmo o desaparecimento de uma população em campo, caso os danos a sobrevivência e a reprodução sejam severos (DESNEUX et al., 2007).

Porém, existem espécies que apresentam maior resistência e apesar da mortalidade, por terem uma alta taxa de crescimento populacional, tempo de geração curto e estarem aptas a copular de forma precoce, conseguem se manter no ambiente (STARK et al., 2004).

Desta forma, selecionar inseticidas que apresentem baixa toxicidade a agentes de biocontrole é uma ferramenta que pode somar ao manejo integrado de pragas (BARROS et al., 2018; JIANG et al., 2019).

2.4 Manejo integrado de pragas.

O manejo integrado de pragas (MIP) voltado para supressão de *C. capitata* é caracterizado como uma série de protocolos que vão desde o uso de inseticidas, iscas tóxicas, armadilhas, métodos culturais e o uso de bioagentes de controle (SICILIANO et al., 2014; ASADI et al., 2020). O objetivo do MIP é criar um equilíbrio entre a produção de alimentos e os impactos ambientais que o uso desenfreado de inseticidas agrícolas causa (TORRES e BUENO, 2018).

De maneira geral, o manejo de moscas-das-frutas é extremamente desafiador pois como relatado as larvas desse díptero são protegidas pelo fruto e as pupas caem no solo, o

que torna difícil o controle em ambas as fases, já que, a maioria dos inseticidas utilizados são aplicados na superfície (HEVE et al., 2016). Diante disso, é necessário utilizar várias estratégias de controle, com o intuito de controlar as diferentes fases do ciclo dessa praga (DIAS et al., 2018).

Segundo Garcia et al. (2020), dentre os métodos de combate a esses tefritídeos, o controle biológico vem se destacando, principalmente com uso de parasitoides, considerados os principais agentes de controle de moscas frugívoras. Um parasitoide tem uma relação de dependência com seu hospedeiro, pois ao encontrá-lo o mesmo deposita seus ovos, que ao eclodir irão consumir o conteúdo corporal do artrópode alvo para que assim consigam se desenvolver (GIUNTI et al., 2015; CHEN et al., 2015).

Esses inimigos naturais conseguem alcançar fases que muitas vezes os inseticidas não conseguem, além de ser considerado um método seguro ambientalmente, e uma ferramenta utilizada para manter as populações de insetos pragas em níveis abaixo do limiar de dano econômico (DESURMONT et al., 2022).

A ordem Hymenoptera se destaca por ter uma diversidade de inimigos naturais para controle de moscas-das-frutas (VARGAS et al., 2012). Os principais parasitoides de tefritídeos pertencem às famílias Braconidae, Figitidae, Diapriidae, Pteromalidae e Eulophidae (OVRUSKI et al., 2000).

No continente americano e nas ilhas Havaianas, foram introduzidas cerca de 29 espécies de parasitoides, sendo a maioria das espécies solitários tendo cerca de (89,6%), ceinobiontes (82,8%) e endoparasitoides (86,2%), dentre as espécies apenas duas famílias têm hábito gregário, a Eulophidae e Pteromalidae (GARCIA et al., 2020).

2.5 *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae).

Tetrastichus giffardianus é caracterizado por ser um endoparasitoide cenobionte e gregário, esse eulofídeo foi levado do continente Africano para o Havaí com o intuito de controlar moscas-das-frutas (PURCELL et al., 1996; COSTA et al., 2005; FERNANDES et al., 2019). No Brasil, *T. giffardianus* foi introduzido no estado de São Paulo a fim de regular a população de *C. capitata* em Citrus em 1937, porém com o passar do tempo não houve relatos desse himenóptero na região de sua liberação (FERNANDES et al., 2020; COSTA et al., 2005).

Esse eulofídeo foi relatado 60 anos mais tarde em regiões do nordeste do Brasil, nos estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará em frutos de amêndoas (*Terminalia catappa*

L.), acerola (*Malpighia glabra* L.) e seriguela (*Spondias purpurea* L.). Possivelmente ocorreu uma migração desses indivíduos devido às condições climáticas da região semiárida ser semelhante ao seu local de origem (África Ocidental) (COSTA et al., 2005).

O tempo médio de seu desenvolvimento de ovo até adulto é de 17,4 dias em uma temperatura de 26 C°, o número de parasitoides encontrados por pupa é de 11,7, outro ponto importante desse inseto é que se tem uma emergência maior de fêmeas (PURCELL et al., 1996).

De acordo com a tabela de vida de fertilidade, o melhor desempenho ocorre a 25°C, onde a taxa intrínseca de aumento foi de 0,21, o tempo médio de uma geração foi de 20,43 dias; o tempo necessário para duplicar a população foi de 3,33 dias e a taxa finita de aumento populacional (λ) foi de 1,23, (FERNANDES et al., 2020).

Pesquisas desenvolvidas em laboratório sobre seus dados biológicos são fundamentais para o entendimento sobre esse eulofídeo, porém informações acerca da toxicidade, efeitos letais e subletais de iscas tóxicas a *T. giffardianus* são necessárias, para que se tenham um entendimento sobre as interações que ocorrem no campo.

Além disso, informações como estas são essenciais para os produtores, pois permitem que optem por produtos que gerem menos impacto sobre insetos benéficos conservando a população de parasitoides existentes na área, além de adequar o momento de liberação desses organismos em campo após aplicação desses produtos.

3.MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de estudo.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Os insetos utilizados no ensaio foram provenientes da criação de manutenção do referido laboratório, mantidos em condições controladas à temperatura de 25 ± 2 °C, 70 ± 10 % de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

3.2 Criação de *C. capitata*.

Os adultos de *C. capitata* são provenientes da linhagem Viena 8, cuja população inicial foi fornecida pela Biofábrica Moscamed Brasil, Juazeiro, Bahia no ano de 2016. A metodologia de criação empregada é baseada em Albajes e Santiago Alvarez (1980), utilizando gaiolas plásticas (27,6 x 33,1 x 48,7 cm) com a parte frontal coberta por tecido do

tipo *voile*, onde as fêmeas inserem seu ovipositor e depositam seus ovos, que caem em depósitos de 250 ml contendo água destilada. Diariamente, os ovos eram coletados e semeados em dietas artificiais que serviam de substrato e alimentação para o desenvolvimento da fase larval. Ao final de sete dias, as larvas que se desenvolveram no interior da dieta artificial alcançaram o terceiro ínstar, e saíram da dieta para a bandeja que as mesmas ficavam acondicionadas para a formação dos pupários. Em seguida, esses pupários eram recolhidos e utilizados para a manutenção da criação.

3.3 Criação de *T. giffardianus*.

As populações iniciais do parasitoide *T. giffardianus* foram coletadas em 2017 no município de Mossoró (FERNANDES et al., 2019; SILVA et al., 2020). Os parasitoides foram criados em gaiolas de acrílico com uma abertura (10 x 10 cm) protegida por tecido *voile* para circulação de ar. Na área frontal existe uma abertura em forma de manga para facilitar a manipulação dos insetos.

Nessas gaiolas, os adultos eram alimentados com açúcar granulado e mel puro pincelado, disponível em papel suspenso em uma placa de Petri de (9,5 x 9,5 x 1,6 cm). A água foi ofertada em garrafa plástica de 50 ml com fita absorvente (Spontex®), disponível por capilaridade. Todos os dias larvas de *C. capitata* eram ofertadas aos parasitoides na gaiola para manutenção da população, de acordo com a metodologia descrita por (Fernandes et al. 2019;).

3.4. Inseticidas Avaliados.

Para avaliação da toxicidade letal e subletal dos inseticidas sobre os adultos de *T. giffardianus*, foram utilizados produtos comerciais (isca tóxicas) para o controle de *C. capitata* na cultura da mangueira (Tabela 1).

Tabela 1. Relação dos inseticidas utilizados no experimento.

Tratamentos	Dose de campo	Ingrediente Ativo
Deltrametrina + Melaço de cana-de-açúcar	500 ml/ha	25 g/l
Espinetoram+ Melaço de cana-de-açúcar	100-180 g/ha	250 g/kg
Espinosade	1-1,6 l/ha	0,24 g/l

(Agrofit, 2022).

Foi tomado como base a maior concentração recomendada pelos fabricantes, assim como a quantidade de atrativo alimentar. Para avaliar o efeito letal e subletal das iscas tóxicas sobre os adultos de *T. giffardianus*, foi utilizado o método de contaminação via ingestão. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo constituído por quatro tratamentos com 10 repetições, onde: (T1) Mel, (T2) Deltrametrina + Melaço de cana-de-açúcar, (T3) Espinetoram + Melaço de cana-de-açúcar e (T4) Espinosade. Cada repetição foi composta por 10 parasitoides com até 48 horas de idade.

3.5.1 Avaliação da toxicidade letal de iscas tóxicas em adultos de *T. giffardianus*.

Inicialmente, os produtos referentes aos tratamentos (T2) Deltrametrina (T3) Espinetoram foram diluídos em água destilada (350 mL) em um Becker de vidro e misturadas ao atrativo alimentar (melaço 10% para Deltrametrina e 5 % para o Espinetoram) O produto do tratamento (T4) Espinosade foi diluída apenas em água destilada (350 mL), pois é uma isca pronta para o uso.

Após as diluições, pedaços de esponjas (3 x 4 cm) foram submersos individualmente em cada um dos tratamentos, durante 1 minuto, e em seguida foram transferidos para uma placa de Petri (20 x 10 cm) e colocados no interior de cada gaiola (20 x 20,5 x 15,5 cm), contendo os parasitoides. Além disso, foram ofertados recipientes com água (50 mL) por capilaridade com esponjas do tipo (Spontex®), para servir de bebedouro para os parasitoides.

As esponjas contendo às iscas tóxicas ficaram nas gaiolas por um período de 24 horas, em seguida foram substituídas por esponjas com mel. Já as que pertenciam ao tratamento (T1) Mel puro, permaneceram até o final do experimento.

3.6 Avaliação dos efeitos subletais de inseticidas em adultos de *T. giffardianus*.

Após 24 horas as iscas tóxicas foram retiradas, e larvas começaram a ser ofertadas de acordo com o número de fêmeas vivas no interior das gaiolas, em uma proporção de sete larvas para uma fêmea, durante um período de seis dias, seguindo a metodologia descrita por Fernandes et al. (2019).

As pupas obtidas ao final de 24 horas foram individualizadas e colocadas em tubos de poliestireno (26,7 x 26,7 x 61,3 mm) com uma fina camada de vermiculita, sendo devidamente identificados com seus respectivos tratamentos e repetições.

3.7 Parâmetros biológicos analisados

Ao final do experimento, foram avaliados os seguintes parâmetros: número de descendentes (ND), razão sexual (RS) e percentual de parasitismo (P%) e (R%) Redução do parasitismo. ND = número de parasitoides emergidos + número de parasitoides não emergidos; RS = (número de fêmeas) / (número de fêmeas + número de machos); (P%) (número de pupas parasitadas) / (número total de larvas expostas ao parasitismo) x 100. RP= (1 – T (parasitismo médio com o tratamento) / C (parasitismo médio obtidos com o controle) * 100) (Hassan et al. 2000).

3.8 Análises estatísticas.

Os dados de mortalidade, parasitismo e número de descendentes foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn e com correção de Bonferroni. Para a razão sexual foi feito um teste exato de Fisher. Para a determinação do tempo letal 50 (TL50) os dados foram submetidos à análise de Probit. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico (R Core team, 2022).

4. RESULTADOS

4.1 Toxicidade letal sobre adultos de *T. giffardianus*.

Todos os inseticidas avaliados diferiram estatisticamente do tratamento controle (Mel puro) (Tabela 2). Os produtos com ingrediente ativo Deltrametrina e Espinosade apresentaram uma mortalidade de 80% e 81%, respectivamente (Tabela 2). O inseticida com ingrediente ativo Espinetoram alcançou uma mortalidade de 92%.

Tabela 2. Mortalidade acumulada (%) de *T. giffardianus* após 48 horas.

Tratamentos	Rank	Média (%)	Adjust. Bonferroni
Mel Puro	5,90	23	a
Deltrametrina+ Melaço de cana-de-açúcar	23,15	80	b
Espinetoram+ Melaço de cana-de-açúcar	29,50	92	b
Espinosade	23,10	81	b

Média seguidas por mesma letra não difere (Teste de Kruskal-Wallis seguido teste de Dunn, com correção de Bonferroni $p \leq 0.05$).

A isca a base de Espinetoram alcançou menor tempo letal de mortalidade (10 horas), seguido pela Deltametrina (25 horas) e Espinosade (29 horas) (Tabela 3).

Tabela 3. Tempo letal mediano (TL50) da população de *T. giffardianus* após a exposição de diferentes iscas tóxicas.

Tratamentos	P	TL50%	Chi_square	GL	P
Deltrametrina+ Melaço de cana-de-açúcar	50	25,02941	0,293360	5	0,9977661
Espinetoram+ Melaço de cana-de-açúcar	50	10,02814	1,289055	5	0,9360539
Espinosade	50	29,25724	1,568995	5	0,9049731

TL50 (h) = Tempo requerido para matar 50% dos indivíduos de *T. giffardianus*

4.2 Efeitos subletais de iscas tóxicas sobre adultos de *T. giffardianus*.

Ao final de seis dias o parasitismo acumulado obtido na testemunha foi de 50,1% (Tabela 4). Para as iscas tóxicas que tinham por base o princípio ativo Deltrametrina, espinetoram e espinosade os índices de parasitismo foram de 10,1%, 1,4% e 4,3%, respectivamente. Diferindo da testemunha ($X^2 = 26.3224$; GL = 3; $p < 0.001$), em relação a redução do parasitismo o piretroide reduziu 80%, já as espinosinas a redução foi de 97% e 91% (Espinetoram e Espinosade) respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Parasitismo acumulado (%) e redução do parasitismo (%) de *T. giffardianus* após a exposição via ingestão a diferentes iscas tóxicas.

Tratamentos	Rank	Média (%)	Redução do parasitismo (%)	Adjust. Bonferroni
Mel Puro	34,90	50,1	0,00	a
Deltrametrina+ Melaço de cana-de-açúcar	18,85	10,1	80	b
Espinetoram+ Melaço de cana-de-açúcar	13,45	1,4	97	b
Espinosade	15,10	4,3	91	b

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si (Teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn, com correção de Bonferroni $p \leq 0.05$).

As iscas tóxicas afetaram significativamente o número de descendentes quando comparado com o tratamento testemunha, que apresentou uma média de 90,0 parasitoides ($X^2 = 26,3224$; GL = 3; $p < 0.001$). Dentre as iscas, a que apresentou maior número de parasitoides foi o piretroide com cerca de 6,9 indivíduos, seguido por Espinosade e Espinetoram, com 2,7 e 1,0 indivíduos, respectivamente (Tabela 5). Em relação a razão sexual (machos e fêmeas) houve diferença significativa apenas para o Espinetoram ($X^2 = 7.8758$; GL = 3; $p = 0.0468$) (Tabela 5).

Tabela 5. Número de descendentes acumulado de *T. giffardianus* e razão sexual após a exposição via ingestão a diferentes iscas tóxicas.

Tratamentos	Rank	Média	Razão sexual	P
Mel Puro	35,4	90,0 a	0,51	0,4370
Deltrametrina + Melaço de cana-de-açúcar.	18,9	6,9 b	0,41	0,6240
Espinetoram + Melaço de cana-de-açúcar	13,1	1,0 b	0,20	0,0468
Espinosade	14,6	2,7 b	0,37	0,9680

Média seguidas por mesma letra não difere (Teste de Kruskal-Wallis seguido teste de Dunn, com correção de Bonferroni $p \leq 0.01$). Teste Exato de Fisher ($p = 0.0491$)

5. DISCUSSÃO

Vários fatores irão influenciar na forma como um inseticida age sobre um inimigo natural, dentre eles a espécie, forma de contato (ingestão e resíduo) e tamanho corporal (FERNANDES et al., 2010; BUENO et al., 2017). Desta maneira, com base nos dados de mortalidade, as iscas tóxicas que tem como princípio ativo deltrametrina, espinoteram e espinosade apresentaram toxicidade a *T. giffardianus*. Tais iscas utilizadas pertencem ao grupo dos neurotóxicos cuja ação são em sítios alvos específicos nos insetos (CARDOSO et al., 2021).

As espinosinas agem por ingestão sobre o receptor nicotínico da acetilcolina, nos moduladores alostéricos e após o consumo ocorre a interrupção da alimentação, paralisia e morte do inseto (WILLIAN et al., 2007). Espinoteram e espinosade pertencem ao mesmo grupo químico, porém existe uma diferença que possivelmente tenha causado mortalidade superior do Espinoteram em relação ao espinosade. Ele apresenta uma modificação estrutural que a permite ter uma duração mais longa e uma atividade maior que o espinosade (SPARKS et al., 2008; DRIPPS et al., 2011).

Em trabalhos realizados por Bernaldi et al. (2019) com o braconídeo *D. longicaudata*, foi observado que as iscas a base de espinoteram e espinosade causaram uma mortalidade inferior a 10% quando utilizado atrativos alimentares como Anamed, 3% Biofruit, 1,5% CeraTrap, 1,25% Flyral e 3% Isca Samaritá Tradicional, sendo inóculos ao parasitoide. Entretanto, quando o autor utilizou melado-de-cana de açúcar como atrativo apresentaram altos índices de mortalidade, fator este semelhante ao estudo (BERNALDI et al., 2019).

Ruiz et al. (2008), em testes de toxicidade com o parasitoide *D. longicaudata*, observou uma mortalidade de quase 80% quando o alimento (mel) era misturado a uma isca composta por espinosade, apresentando-se um efeito prejudicial ao braconídeo.

Os resultados obtidos no experimento corroboram com Williams et al. (2003), cujo estudo observou que 78% dos parasitóides que foram expostos às espinosinas apresentaram efeitos moderadamente tóxicos ou nocivos a esses inimigos naturais.

Foi comparada a mortalidade entre os parasitóides *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae), ambos parasitóides de *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera, Drosophilidae). Esses himenópteros, quando expostos ao resíduo das espinosinas, eles apresentaram efeitos distintos, de tal modo que para *T. anastrephae* apresentou mortalidade abaixo de 20% e *P.*

vindemmiae e obteve uma mortalidade de 100%, já os piretróides foram prejudiciais para ambos (SCHLESENER et al., 2019).

Outro ponto importante são os efeitos subletais que esses inseticidas acarretam, pois, mesmo que não causem a mortalidade, poderão vir a comprometer parâmetros biológicos desses agentes de controle, afetando diretamente, assim, sua população (CARDOSO et al., 2021).

No presente estudo, é possível observar que parâmetros biológicos como parasitismo e número de descendentes foram elevados apenas na testemunha (mel), enquanto nas iscas houve uma redução significativa nesses parâmetros. Isso possivelmente aconteceu porque além da alta mortalidade apresentada nesses inseticidas, as fêmeas, que permaneceram vivas, tiveram seu comportamento natural prejudicado, devido a um possível efeito subletal que a ingestão dessas iscas causam a esse parasitoide.

Fato semelhante aconteceu com o parasitoide *F. arisanus* onde com a testemunha (mel) o parasitismo obtido foi de 31%, além de um elevado número de descendentes e razão sexual tendenciosa a fêmeas, enquanto que o tratamento com Espinosa reduziu o parasitismo a zero (FARAH et al., 2019).

Em trabalhos feitos por Youssef et al. (2004), o ingrediente ativo deltametrina foi considerado moderadamente prejudicial ao parasitoide *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae), visto que houve uma redução de 95,95% do parasitismo, semelhante ao que aconteceu no presente estudo. Em estudos desenvolvidos por Schilesener et al. (2019), o parasitoide para *T. anastrephae*, quando em contato com resíduo do Espinetoram e Espinosade, apresentou uma redução em seu parasitismo de 18,94% e 7,36%, respectivamente. Já para *P. vindemmiae*, os ingredientes ativos Deltrametrina e Espinetoram foram nocivos e o Espinosade moderadamente nocivo.

Mahat e Drew (2021) observaram o efeito de iscas a base de espinosade, estas utilizadas para o manejo de moscas-das-frutas, sobre o parasitoide *Aphytis lingnanensis* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoide de *Aonidiella aurantii* Mask (Homoptera: Diaspididae) o resíduo destas ocasionou redução severa nos parâmetros biológicos do parasitoide, além de causar alta mortalidade.

A isca tóxica pertencente ao grupo dos piretróides, além da mortalidade, as fêmeas de *T. giffardianus* tiveram um comprometimento nas atividades reprodutivas afetando-se a razão sexual. Esses efeitos subletais foram observados também nas famílias Aphelinidae, Encyrtidae, Braconidae, Mymaridae, Trichogrammatidae e Scelionidae (PINHEIRO et al., 2020).

Isso demonstra que inseticidas que tenham como base espinosinas e piretroides devem ser analisados cuidadosamente para serem implementados dentro de programas de manejo integrado de moscas-das-frutas, nos quais se utilize o controle biológico, seja por meio da conservação, seja por meio da liberação de parasitoides (WAHG et al., 2005).

A conservação de inimigos naturais estabelecidos em uma área é considerada uma ferramenta chave para o combate de pragas, pois esses agentes de biocontrole vão atuar em fases da praga que muitas vezes os inseticidas não agem (WAHG et al., 2005). Por exemplo, *T. giffardianus* é um parasitoide de larvas de terceiro ínstar, ele consegue penetrar por pequenas aberturas ou rachaduras dos frutos, encontrar as larvas e depositar seus ovos (PURCELL et al., 1996; COSTA et al., 2005), diferente das iscas que tem efeito direto sobre adultos da praga.

Estudos apontam que o uso associado desses métodos de controle pode auxiliar na diminuição de pragas resistentes, haja vista que a população da praga tende a diminuir após a ação do defensivo agrícola, podendo assim ser controlada pelos inimigos naturais, o que, conseqüentemente, diminui o número de aplicações e evita o surgimento de insetos resistentes (BARROS et al., 2018; MACHADO et al., 2019). Para tanto, isso pode vir a ser estudado de maneira precisa em posteriores pesquisas.

Vale ressaltar que os estudos com *T. giffardianus* foi realizado sem chance de escolha, em que o único recurso alimentar durante as primeiras 24 horas que esse eulofídeo possuía eram as iscas tóxicas, haja vista que estas eram compostas por uma fonte de carboidrato que atraía os insetos para essa fonte de “alimento”. Em uma possível situação de campo, esses efeitos sobre *T. giffardianus* poderiam ser atenuados, uma vez que, em campo, teriam fatores ambientais que levariam a degradação dessas substâncias (RUIZ et al., 2008) e outras opções de alimento (MAHAT e DREW, 2021).

Portanto, o uso combinado do controle biológico e químico é um componente fundamental para o manejo integrado de pragas (MIP). Essa combinação entre inimigos naturais e inseticidas com baixa toxicidade irá suprimir a população da praga sem influenciar parâmetros biológicos e populacionais de inimigos naturais (CLOYD, 2012).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível constatar que as iscas a base de deltrametrina, espinosade e espinoteram são tóxicas a *T. giffardianus*. Ao avaliar o efeito subletal constatou-se que as iscas afetaram os parâmetros biológicos do parasitoide, com parasitismo médio das iscas de 10,1%, 1,4% e

4,3% para deltametrina, espinetoram e espinosade, respectivamente. Além disso, o número de descendentes também foi acometido em todos os tratamentos, exceto para a testemunha, que se manteve estável. Já a razão sexual foi afetada apenas para o espinetoram . Essas informações são importantes para compreensão da interação do inimigo natural com iscas tóxicas e sua influência nas técnicas de manejo. Tais resultados são pressupostos com base em estudos de laboratório que podem servir de subsídio para outras pesquisas, inclusive a nível de campo, podendo essas informações sofrerem alterações em consequência da condição experimentada.

7. REFERÊNCIAS

ALBAJES, R.; C. SANTIAGO-ÁLVAREZ. Efecto de la densidad larvaria y de la alimentación en la proporción de sexos de *Ceratitis capitata* (Diptera: Trypetidae). *An.INIA. Serie Agrícola*, v.13, p. 175-182, 1980

ALUJA, M. et al. Pest management through tropical tree conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 831-853, 2014.

ARAUJO, E.L.; RIBEIRO, J.C.; CHAGAS, M.C.M.; DUTRA, V.S.; SILVA, J.G. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em um pomar de goiabeira, no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 41-51, 2013.

ASADI, R. et al. Preventative releases of self-limiting *Ceratitis capitata* provide pest suppression and protect fruit quality in outdoor netted cages. **International Journal of Pest Management**, v. 66, p. 182-193, 2020.

BAPTISTE, J. M. C. et al. Effectiveness of entomopathogenic nematodes against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) pupae and nematode compatibility with chemical insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, p. 248-256, 2021

BARROS, E. M. et al. Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. **Phytoparasitica**, v. 46, p. 391- 404, 2018.

BENELLI, G. et al. Sex differences in fighting-induced hyperaggression in a fly. **Animal Behaviour**, v. 104, p. 165-174, 2015.

BERNARDI, D. et al. Side effects of toxic bait formulations on *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Scientific Reports**, v. 9, p. 1-8, 2019.

BIONDI, A. et al. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest management science**, v. 68, p. 1523-1536, 2012.

BORGES, R. et al. Effect of toxic baits on *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). **BioAssay**, v. 10, 134, 2015.

BRADBERRY, S. M. et al. Poisoning due to pyrethroids. **Toxicological reviews**, v. 24, 2, p. 93-106, 2005.

BUENO, A. F. et al. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, v. 47, p. 1-10, 2017.

CARDOSO, T. D. N. et al. Lethal and Sublethal Toxicity of Pesticides Used in Fruit Growing on the Parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae): Implications for Integrated Fruit Fly Management. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, p. 2412-2420, 2021.

CHEN W; HE Z; JI X-L; TANG S-T; HU H-Y. Hyperparasitism in a generalist ectoparasitic pupal parasitoid, *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), on its own conspecifics: when the lack of resource lead to cannibalism. **Plos one**, v. 10, p. 1-16, 2015.

CLOYD, R. A. Indirect effects of pesticides on natural enemies. **Pesticides—advances in chemical and botanical pesticides**, v. 382, p.127-150, 2012.

COLACCI, M.; TREMATERRA, P.; SCIARRETTA, A. EVALUATION of Trap Devices for Mass Trapping of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Populations. **Insects**, v. 13, p. 941, 2022.

COSTA, V. A. et al. Rediscovering *Tetrastichus giffardianus* (hymenoptera: eulophidae) 60 years after its introduction in Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, p. 539-541, 2005

DA COSTA LIMA, M. et al. Phenolic-rich extracts from acerola, cashew apple and mango by-products cause diverse inhibitory effects and cell damages on enterotoxigenic *Escherichia coli*. **Letters in Applied Microbiology**, v. 75, p. 565-577, 2022.

DESCHEPPER, P. et al. Looking at the big picture: worldwide population structure and range expansion of the cosmopolitan pest *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). **Biological Invasions**, v. 23, p. 3529-3543, 2021.

DESNEUX, N. et al. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual review of entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.

DESURMONT, G. A. et al. Identifying an Optimal Screen Mesh to Enable Augmentorium-Based Enhanced Biological Control of the Olive Fruit Fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and the Mediterranean Fruit Fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Science**, v. 22, n. 3, p. 11, 2022.

DIAS, N. P et al. Fruit fly management research: a systematic review of monitoring and control tactics in the world. **Crop Protection**, v. 112, p. 187-200, 2018.

DRIPPS, J. E. et al. The spinosyn insecticides. **Green trends in insect control**, v. 11, 2011.p 163.

FARAH, S. et al. Effects of toxic baits and food-based attractants for fruit flies on the parasitoid *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin of entomological research**, v. 110, p. 278-284, 2019.

FERNANDES, E. C. et al. Fertility life table and biology of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) in the larvae of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 111, p. 182-189, 2020.

FERNANDES, E.C. et al. Development and morphological characterization of the immature stages of *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, p. 262-267, 2019.

FERNANDES, F. L.; BACCI, L.; FERNANDES, M. S. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. **EntomoBrasilis**, v. 3,p. 1-10, 2010.

GARCIA, F. R. M et al.; Biological control of tephritid fruit flies in the Americas and Hawaii: A review of the use of parasitoids and predators. **Insects**, v. 11 p. 662, 2020.

GENTZ, MARGARET C.; MURDOCH, GREGORY; KING, GLENN F. Combined use of selective insecticides and natural enemies for effective, low-risk pest management. **Biological Control**, v. 52, p. 208-215, 2010.

GIUNTI, G. et al., Parasitoid learning: current knowledge and implications for biological control. **Biological Control**, v. 90, p. 208-219, 2015.

GRECHI, I. et al. Linking mango infestation by fruit flies to fruit maturity and fly pressure: A prerequisite to improve fruit fly damage management via harvest timing optimization. **Crop Protection**, v. 146, p. 105663, 2021.

GROVÉ, T.; DE JAGER, K.; DE BEER, M. S. Indigenous hosts of economically important fruit fly species (Diptera: Tephritidae) in South Africa. **Journal of Applied Entomology**, v. 141, p. 817-824, 2017.

GUILLEM-AMAT, A. et al. Functional characterization and fitness cost of spinosad-resistant alleles in *Ceratitis capitata*. **Journal of pest science**, v. 93, p. 1043-1058, 2020.

HASSAN, S. A., et al. "A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae)." **Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods**: 107-119. 2000.

HEVE, W. K. et al. Biological control potential of entomopathogenic nematodes for management of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* Loew (Tephritidae). **Pest Management Science**, v. 73, p. 1220-1228, 2016.

IHERING, H.V. Oranges with worms. **Rev. Agric.** v.6, p. 179.

JIANG, J. et al. Comparative ecotoxicity of neonicotinoid insecticides to three species of *Trichogramma parasitoid* wasps (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 183, p. 109587, 2019.

KOULOSSIS, N. A. et al. Trapping of *Ceratitis capitata* Using the Low-Cost and Non-Toxic Attractant Biodelear. **Agronomy**, v. 12, p. 525, 2022.

LEITE, S. A. et al., Fruit flies and their parasitoids in the fruit growing region of Livramento de Nossa Senhora, Bahia, with records of unprecedented interactions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. 1-10, 2017.

LÍQUIDO, N. J. et al. Compendium of Fruit Fly Host Plant Information: The USDA Primary Reference in Establishing Fruit Fly Regulated Host Plants. In: **Area-wide management of fruit fly pests**. CRC Press, Boca Raton p. 363-368, 2019.

MACHADO, V. A et al. Selective insecticides secure natural enemies action in cotton pest management. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 184, p. 109669, 2019.

MAHAT, K. ; DREW, R. Effect of fruit fly protein bait on the red scale parasitoid, *Aphytis lingnanensis* (Hymenoptera: Aphelinidae): attraction and toxicity. **Austral Entomology**, v.60, p. 754-762 2021.

MALACRIDA, A. R. et al. Globalization and fruitfly invasion and expansion: the medfly paradigm. **Genetica**, v. 131, p. 1-9, 2007.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**: Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários, 2009. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 30 de agosto de 2022

MCQUATE, M.; J LÍQUIDO, N. Host plants of invasive tephritid fruit fly species of economic importance. **International Journal of Plant Biology & Research**, v.5 p.1072, 2017.

MOKRINI, F. et al. Potential of Moroccan entomopathogenic nematodes for the control of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). **Scientific reports**, v. 10, p. 1-11, 2020.

MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A. D. Efficacy of attractants for monitoring *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in a citrus orchard. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 317-323, 2006.

NAVA, D. E.; BOTTON, M.. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

NIKOLOULI, K. et al. Sterile insect technique and Wolbachia symbiosis as potential tools for the control of the invasive species *Drosophila suzukii*. **Journal of pest science**, v. 91, p. 489-503, 2018.

OVRUSKI, S.; ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; WHARTON, R. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 5, p. 81-107, 2000

PINHEIRO, L. A. et al. Side effects of pesticides on the olive fruit fly parasitoid *Psytalia concolor* (Szépligeti): A Review. **Agronomy**, v. 10, p. 1755, 2020.

PITZER, E. M.; WILLIAMS, M. T.; VORHEES, C.V. Effects of pyrethroids on brain development and behavior: Deltamethrin. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 87, p. 106-983, 2021.

PURCELL, M.F.; VAN NIEUWENHOVEN, A.; BATCHELOR, M.A. Bionomics of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae): an endoparasitoid of tephritid fruit flies. **Environmental Entomology**, v. 25, p. 198-206, 1996

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria, 2022. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>

RAGA, A.; SATO, M. E. Chemical control of fruit flies. 2016.

RAGA, A; GALDINO, L. T; SILVA, S. B; BALDO, F. B; SATO, M. E. Comparison of insecticide toxicity in adults of the fruit flies *Anastrepha fraterculus* (Wied.) and *Anastrepha grandis* (Macquart)(Tephritidae). **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 25, p. 1-8, 2018.

ROUBOS, Craig R. et al. Toxicidade relativa e atividade residual de inseticidas usados no manejo de pragas do mirtilo: mortalidade de inimigos naturais. **Journal of economic entomology** , v. 107, p. 277-285, 2014.

RUIZ, L. et al. Lethal and sublethal effects of spinosad-based GF-120 bait on the tephritid parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v. 44, p. 296-304, 2008.

SALGADO, V. L. Studies on the mode of action of spinosad: insect symptoms and physiological correlates. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 60, p. 91-102, 1998.

SCHLESENER, D. C. H. et al. Insecticide toxicity to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) parasitoids: *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of economic entomology**, v. 112, p. 1197-1206, 2019.

SCIARRETTA, A. et al. Analysis of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) spatio-temporal distribution in relation to sex and female mating status for precision IPM. **PloS one**, v. 13, p.195, 2018.

SCOLARI, F. et al. Tephritid fruit fly semiochemicals: Current knowledge and future perspectives. **Insects**, v. 12, p.408, 2021.

SICILIANO, P. et al. Identification of pheromone components and their binding affinity to the odorant binding protein CcapOBP83a-2 of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 48, p. 51-62, 2014.

SIEBERT, Jerome et al. If medfly infestation triggered a trade ban: Embargo on California produce would cause revenue, job loss. **California Agriculture**, v. 49, p. 7-12, 1995.

SILVA, B. K. A. et al. Pupal parasitoids associated with *Ceratitidis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae) in a semiarid environment in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 64, 2020.

- SILVA, L. S. et al. Chitosan and phenolic compounds in the control of anthracnose in mango. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, p.1-8. 2021.
- SOARES, D. P. et al. Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Mango Orchards in the Minas Gerais Semi-Arid Region. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 844-852, 2020.
- SODERLUND, D. M. et al. Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. **Toxicology**, v. 171, p. 3-59, 2002.
- SODERLUND, D.M., BLOOMQUIST, J.R., Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. **Annu. Rev. Entomol.** v. 34, p. 77-96, 1989
- SOUSA, M. M. et al. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) in commercial mango orchards in a semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, p.1-10,2019.
- SPARKS, T. C. et al. Neural network-based QSAR and insecticide discovery: spinetoram. **Journal of Computer-Aided Molecular Design**, v. 22, p. 393-401, 2008.
- STARK, J. D.; BANKS, J.E.; VARGAS, R. How risky is risk assessment: The role that life history strategies play in susceptibility of species to stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, p. 732-736, 2004.
- SUBRAMANYAM, H.; KRISHNAMURTHY, S.; PARPIA, H. A. B. Physiology and biochemistry of mango fruit. **Advances in Food Research**, v. 21, p. 223-305, 1975
- SUSSANTO, A. et al. Population dynamics and projections of fruit flies *Bactrocera dorsalis* and *B. carambolae* in Indonesian mango plantation. **Agriculture and Natural Resources**, v. 56, p. 169-179, 2022.
- TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Conservation biological control using selective insecticides—a valuable tool for IPM. **Biological Control**, v. 126, p. 53-64, 2018.
- VARGAS, R. I. et al.; Regional suppression of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Pacific through biological control and prospects for future introductions into other areas of the world. **Insects**, v. 3, p. 727-742, 2012.
- VIJVERBERG, H.P.M; VANDEN BERCKEN, J. Neurotoxicological effects and the mode of action of pyrethroid insecticides. **Critical reviews in toxicology**, v. 21, p. 105-126, 1990.
- WANG, P. et al. The genome evolution and domestication of tropical fruit mango. **Genome Biology**, v. 21, p. 1-17, 2020.
- WANG, X. G. et al. Effects of spinosad-based fruit fly bait GF-120 on tephritid fruit fly and aphid parasitoids. **Biological Control**, v. 35, p. 155-162,2005.
- WILLIAMS III, L.; ROANE, T.M. Nutricional ecology of a parasitic wasp: Food source effects gustatory response, metabolic utilization, and survivorship. **Journal of Insect Physiology**, v. 53, p. 1262-1275, 2007.
- WILLIAMS, T.; VALLE, J.; VIÑUELA, E. Is the naturally derived insecticide Spinosad® compatible with insect natural enemies?. **Biocontrol science and technology**, v. 13, p. 459-475, 2003.

YOUSSEF, A. I. et al. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, p. 593-599,2004.

YUVAL, B.; HENDRICHS, J. Behavior of flies in the genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratitidini). In: **Fruit Flies (Tephritidae)**. CRC Press, v.3, p. 447-476, 1999.

ZUCCHI, R. A. Espécies de *Anastrepha*, sinónímias, plantas hospedeiras e parasitoides. In: MALAVASI, A. & ZUCCHI, R. A. (org.). **Moscas-das-frutas de importância econômica Brasil**: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. p. 41-48.

ZUCCHI, R. A. Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (org.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Ribeirão Preto, 2001. p. 15-22.

ZUCCHI, R.A; MORAES, R.C.B. Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species their host plants and parasitoids. <http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha> . Accessed on 30/09/2022