

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LUIZA AKEMI GONÇALVES TAMASHIRO

**MÉTODOS DE MANEJO PARA *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938
(DIPTERA:AGROMYZIDAE)**

**ALEGRE
ESPÍRITO SANTO – BRASIL
2021**

LUIZA AKEMI GONÇALVES TAMASHIRO

**MÉTODOS DE MANEJO PARA *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938
(DIPTERA:AGROMYZIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia, na linha de pesquisa Proteção Sustentável de Plantas, área de concentração Entomologia.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli
Coorientadores: Prof^a. Dra. Luciana Alves Parreira e Prof. Dr. Victor Dias Pirovani

ALEGRE

ESPÍRITO SANTO – BRASIL

2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

T153m Tamashiro, Luiza Akemi Gonçalves, 1988-
Métodos de manejo para *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) / Luiza Akemi Gonçalves Tamashiro. - 2021.
130 f. : il.

Orientador: Dirceu Pratissoli.

Coorientadores: Victor Dias Pirovani, Luciana Alves Parreira Menini.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Pragas agrícolas. 2. Armadilhas para insetos. 3. Inseticidas vegetais. 4. Controle Biológico. I. Pratissoli, Dirceu. II. Pirovani, Victor Dias. III. Menini, Luciana Alves Parreira. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

LUIZA AKEMI GONÇALVES TAMASHIRO

**MÉTODOS DE MANEJO PARA *Liriomyza sativae* BLANCHARD, 1938 (DIPTERA:
AGROMYZIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia, na área de concentração Proteção Sustentável de Plantas, linha de pesquisa Entomologia.

Aprovada em 27/08/2021

Comissão examinadora



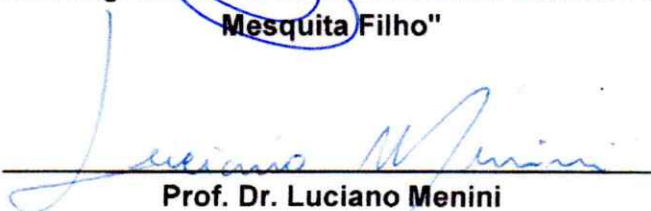
Orientador: Dirceu Pratissoli
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Hugo José Gonçalves dos Santos Junior
Universidade Federal do Espírito Santo



Profª. Drª. Regiane Cristina Oliveira Freitas Bueno
Faculdade de Ciências Agrômicas da Universidade Estadual Paulista - "Júlio de Mesquita Filho"



Prof. Dr. Luciano Menini
Instituto Federal do Espírito Santo



Dr. Luis Moreira de Araújo Junior
Universidade Federal do Espírito Santo

DEDICATÓRIA

Com todo meu amor, dedico esse trabalho aos meus pais e à minha irmã Mayumi, que além de educadores são exemplos de força, perseverança, fé e foram os responsáveis pela minha segurança durante toda trajetória. À minha sobrinha Clara, que me acolhe sempre com seu amor e doçura, que me ensina a valorizar os momentos felizes e que traz leveza e tranquilidade para minha vida. Com eles aprendi e aprendo todos os dias a como enfrentar os momentos difíceis e que o amor verdadeiro, a união e a força de vontade superam qualquer distância e dificuldade. A eles dedico esta pesquisa, pois são meus orientadores na vida.

Dedico este trabalho também ao meu primo-irmão Gabriel, que justamente neste mês - por uma vontade divina - foi habitar o plano espiritual. A dedicação desta pesquisa a ele é uma forma de homenageá-lo e de agradecê-lo pela parceria desde a infância, por todo carinho, amizade e momentos de alegria.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Cláudio e Fátima, por todo esforço e dedicação que tiveram para me educar da melhor forma, por todas as lições e ensinamentos sobre a vida, por me darem a liberdade de escolher o caminho a seguir, pela confiança depositada em mim, pelo cuidado, pelo carinho e acima de tudo, pelo amor imensurável.

À minha irmã Ana Mayumi, pelo companheirismo, pelo apoio em todas as minhas decisões, pela sinceridade, pela cumplicidade, por ser minha inspiração em diversos momentos, por sempre me guiar e orientar desde criança, pelo cuidado, por ser sempre ter uma palavra de acolhimento e pelo amor que nos une.

À minha sobrinha Clara, responsável por muitos momentos de distração em família, por ter transformado a minha vida depois da sua chegada, por todas as risadas, pelas conversas acolhedoras, por me fazer sorrir só de estar em sua companhia, pelos conselhos, pelo melhor abraço do mundo e pelo amor verdadeiro.

Ao meu namorado Isac, pela ajuda e presença em todos os momentos desse trabalho, desde a criação dos insetos até a condução dos experimentos. Pela companhia, pela paciência, pela calma e tranquilidade que me transmite, por acreditar em mim e nos meus sonhos, pelo apoio constante, pelo cuidado, pelo acolhimento, amor e felicidade que me proporciona.

A todos os membros da minha família paterna e materna que sempre me apoiaram e estiveram presente em minha vida. Em especial à minha tia e madrinha Titei e as minhas tias Sula (*in memorian*) e Márcia, por fazerem parte direta na minha criação, educação e por todo amor que sempre me proporcionaram.

Aos meus primos-irmãos Léo e Gabriel (*in memorian*) pela parceria desde a infância, pelas longas conversas e por sempre torcerem pela minha felicidade e sucesso profissional.

A todos meus amigos, colegas integrantes e ex-integrantes do laboratório de Entomologia (NUDEMAFI) Nath, Andressa, Fran, Emily, Filipe Holtz, Bia, Mari, Lucélia, PC, Jéssica, Julielson e tantos outros pela ajuda, pelos momentos vividos e por termos nos transformado em uma família. Em especial, agradeço as meninas Lorena e Laura, pelo apoio, pelos momentos de distração, pelo abraço acolhedor e por sempre me transmitirem segurança e paz interior. À minha amiga Aixelhe pelas conversas diárias, por ter me acompanhado em muitos momentos de dificuldade e de alegrias, por estar sempre presente, pelo apoio nos experimentos, apoio emocional, pelas trocas de conhecimento e acima de tudo pela amizade e carinho. Ao amigo Luís, pelo auxílio em todas as etapas desse trabalho, pelas conversas e pela amizade.

A todos os estagiários do laboratório de Entomologia (NUDEMAFI) que me ajudaram em diversos momentos, desde o auxílio na manutenção dos insetos até nos momentos de distração.

Ao professor e orientador Dirceu Pratissoli, por me receber em sua equipe de pesquisa, por todo apoio na condução desse trabalho, por disponibilizar os recursos para execução dos experimentos, pela paciência, pelos ensinamentos, pelos momentos de distração, por me mostrar a importância da pesquisa e pela amizade.

À minha coorientadora Luciana Alves Parreira, pelo auxílio no planejamento dos experimentos, pelo fornecimento de material para os testes, pelo incentivo, pelo apoio, pela disposição e pelos ensinamentos e amizade.

Ao meu coorientador Victor Pirovani, pelo apoio nas ideias dos experimentos, pelo incentivo, pela disposição e pelos ensinamentos e amizade.

Aos professores Hugo Gonçalves e Hugo Zago pelo apoio em diversos momentos do doutorado, pela disponibilidade de auxílio, pelos ensinamentos e pela amizade. Agradeço também a todos os outros professores que auxiliaram de alguma forma na condução desse trabalho.

Aos técnicos Léo Mardgan e Carlos Magno pela ajuda no laboratório e casa de vegetação, pelos momentos de distração e pela amizade.

Aos funcionários do campo da Agroplantec pela disponibilidade e auxílio nas coletas de insetos em campo.

A Dra. Viviane Rodrigues de Sousa pela disponibilidade de auxílio na identificação dos insetos.

Aos demais funcionários da UFES que colaboraram de forma direta e indireta para a realização desse trabalho.

À todos os meus amigos de outras localidades e universidades (São Bento do Sapucaí, UFRRJ e UFLA) que mesmo distante se fizeram presentes durante todo o tempo.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar do doutorado.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos e aos demais órgãos de fomento que financiaram a pesquisa.

À Deus, pela vida, por permitir que esse trabalho fosse realizado e por sempre me guiar e iluminar o meu caminho.

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

EPÍGRAFE

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas aquele que melhor se adapta às mudanças”

Leon C. Megginson

RESUMO

TAMASHIRO, Luiza Akemi Gonçalves, D. Sc. Universidade Federal do Espírito Santo. Agosto de 2021. **Métodos de manejo para *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera:Agromyzidae)** Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli.

As moscas minadoras (*Liriomyza* spp.) (Diptera: Agromyzidae) são insetos cosmopolitas e alimentam-se de grande variedade de hospedeiros preferencialmente pertencentes à família Fabaceae, Curcubitaceae e Solanaceae. Desenvolvem-se no mesófilo foliar, ocasionando na formação de galerias nas folhas. As injúrias podem resultar em redução da taxa fotossintética da planta, secagem e perda das folhas e conseqüentemente redução na produção de frutos. A aplicação de inseticidas sintéticos é a principal estratégia de controle para essas espécies praga. Entretanto, o uso excessivo desses produtos ocasionam problemas como contaminação humana e ambiental e resistência de genótipos. Dessa forma, pesquisas relacionadas a estratégias de manejo mais sustentáveis são de grande relevância. O objetivo dessa pesquisa foi desenvolver estratégias alternativas de controle como estudos com (1) substâncias atrativas à base de vinagres, melão, açúcares e proteína hidrolisada para captura de adultos de *L. sativae*, (2) efeito inseticida e deterrente dos óleos de alecrim, eucalipto, citronela, limão siciliano, gengibre e nim e dos compostos majoritários d-limoneno, citral, citronelal, 1,8 cineol/eucaliptol e cânfora sobre diferentes fases de *L. sativae*, (3) avaliar a compatibilidade de nematoides entomopatogênicos com os óleos de alecrim, eucalipto, citronela, gengibre e nim e os compostos majoritários d-limoneno e cânfora sobre *L. sativae*. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que: (1) a formulação contendo vinagre de banana (10% v/v), melão (10% v/v) e ácido cítrico (0,5% v/v) e a contendo açúcar invertido (3% v/v), melão (5% v/v), proteína hidrolisada (0,5% v/v) e ácido cítrico (0,5% v/v) capturaram o maior número de adultos de *L. sativae* durante o período de 12 e 14 dias, respectivamente, em comparação às outras formulações; (2) o óleo essencial de citronela apresentou a maior toxicidade em larvas de *L. sativae* e o óleo de nim a maior deterrência em adultos em comparação aos outros óleos; (3) os óleos e compostos majoritários ocasionaram mortalidade, redução no número de batidas laterais do corpo e infectividade dos nematoides, principalmente os óleos de eucalipto, gengibre e alecrim.

Palavras-chave: Mosca Minadora. Substâncias atrativas. Inseticidas botânicos. Nematoides entomopatogênicos.

ABSTRACT

TAMASHIRO, Luiza Akemi Gonçalves, D. Sc. Universidade Federal do Espírito Santo. Agosto de 2021. **Management methods of *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera:Agromyzidae)**. Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratisoli.

Leafminer (*Liriomyza* spp.) (Diptera: Agromyzidae) are insects distributed throughout the world, have a polyphagous habit, feed on a wide variety of hosts belonging to the Fabaceae, Cucurbitaceae and Solanaceae family. They have developmental behavior in the leaf mesophyll, causing the formation of galleries in the leaves. The injuries can result in a reduction in the photosynthetic rate of the plant, drying and loss of leaves and, consequently, a reduction in fruit production. The application of synthetic insecticides is the main control strategy for these pest species. However, the excessive use of these products causes problems such as human and environmental contamination and genotype resistance. Thus, research related to more sustainable management strategies is of great relevance. The objective of this research was to develop alternative control strategies through studies with (1) attractive substances for the capture of adults of *L. sativae* (2) insecticidal and deterrent effect of essential oils and major compounds on different phases of *L. sativae*, 3) evaluate the compatibility of entomopathogenic nematodes with essential oils, fixed oils and major compounds in the infectivity of *L. sativae* larvae. From the results obtained, it was found that: (1) formulations containing banana vinegar (10%), molasses (10%) and citric acid (0.5%) and invert sugar (3%), molasses (5%), hydrolyzed protein (0.5%) and citric acid (0.5%) captured the largest number of adults of *L. sativae* during the period of 12 and 14 days, respectively, compared to the other formulations, (2) citronella essential oil showed the highest toxicity in *L. sativae* larvae and neem oil the highest deterrence in adults compared to other oils, (3) essential oils, fixed oils and major compounds caused mortality, reduced number of lateral body strokes and infectivity in *L. sativae* larvae, with emphasis on eucalyptus, ginger and rosemary oils. The evaluated strategies can be used to help reduce the population of *L. sativae* in integrated management programs.

Keywords: Leafminer. Attractive substances. Botanical insecticides. Entomopathogenic nematodes.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I.....	12
1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
1.2.1	Aspectos gerais do gênero <i>Liriomyza</i>	14
1.2.1.1	Distribuição geográfica.....	14
1.2.1.2	Morfologia externa e biologia	15
1.2.1.3	Plantas hospedeiras	15
1.2.1.4	Danos e importância econômica.....	16
1.2.2	Métodos de controle para o gênero <i>Liriomyza</i>	17
1.2.2.1	Métodos físicos.....	17
1.2.2.1.1	Armadilhas adesivas	17
1.2.2.1.2	Armadilhas luminosas	18
1.2.2.2	Métodos por comportamento	18
1.2.2.2.1	Substâncias atrativas	18
1.2.2.3	Métodos culturais	19
1.2.2.4	Métodos de resistência de plantas.....	20
1.2.2.5	Métodos biológicos	20
1.2.2.5.1	Parasitoides	20
1.2.2.5.2	Predadores.....	21
1.2.2.5.3	Entomopatógenos.....	22
1.2.2.5.3.1	Fungos.....	22
1.2.2.5.3.2	Nematoides entomopatogênicos.....	22
1.2.2.6	Métodos químicos	24
1.2.2.6.1	Inseticidas sintéticos.....	24
1.2.2.6.2	Inseticidas botânicos	25
1.3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
2	CAPÍTULO II.....	38
2.1	INTRODUÇÃO	40
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	41
2.2.1	Obtenção dos insetos	41
2.2.2	Atratividade de substâncias com chance de escolha	42
2.2.3	Atratividade de substâncias com escolha binária	44
2.2.3	Avaliação da atratividade entre machos e fêmeas de <i>Liriomyza sativae</i>	45

2.2.4	Comparação entre as formulações mais atrativas de cada um dos grupos	45
2.2.5	Avaliação de injúrias de <i>Liriomyza sativae</i> em plantas de feijão de porco na presença de atrativos.....	46
2.3	RESULTADOS	46
2.3.1	Atrativos grupo 1.....	46
2.3.1.1	Experimento com chance de escolha	46
2.3.1.2	Experimento com escolha binária.....	48
2.3.1.3	Sexagem.....	50
2.3.2	Atrativos grupo 2.....	52
2.3.2.1	Experimento com chance de escolha	52
2.3.2.2	Experimento com escolha binária.....	53
2.3.2.3	Sexagem.....	55
2.3.3	Comparação entre as formulações selecionadas de cada grupos de atrativos	57
2.3.4	Avaliação de injúrias de <i>L. sativae</i> em plantas de feijão de porco na presença de atrativos.....	58
2.4	DISCUSSÃO.....	58
2.5	CONCLUSÃO.....	62
2.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
3	CAPÍTULO.....	68
3.1	INTRODUÇÃO	70
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	71
3.2.1	Obtenção dos insetos	71
3.2.2	Obtenção dos óleos e compostos majoritários	72
3.2.3	Caracterização dos óleos essenciais	72
3.2.4	Mortalidade de larvas de <i>L. sativae</i> submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais e compostos majoritários.....	73
3.2.5	Estimativa da concentração letal de óleos essenciais e compostos majoritários ..	75
3.2.6	Deterrência à adultos de <i>L. sativae</i> em plantas submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais e compostos majoritários	75
3.3	RESULTADOS	77
3.3.1	Caracterização química dos óleos essenciais	77
3.3.2	Mortalidade de larvas de <i>L. sativae</i> submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais ou compostos majoritários.....	92
3.3.3	Determinação da concentração letal de óleos essenciais e compostos majoritários	93

3. 3. 4 Deterrência à adultos de <i>L. sativae</i> em plantas submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais ou compostos majoritários	93
3.4 DISCUSSÃO.....	95
3.5 CONCLUSÃO.....	100
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
4 CAPÍTULO.....	110
4.1 INTRODUÇÃO.....	112
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	113
4.2.1 Obtenção dos insetos	113
4.2.2 Obtenção dos nematoides entomopatogênicos	113
4.2.3 Obtenção dos óleos e compostos majoritários	114
4.2.4 Mortalidade de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais e fixos.....	114
4.2.5 Comportamento de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários.....	115
4.2.6 Infectividade de nematoides entomopatogênicos em larvas de <i>L. sativae</i> submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários	116
4.3 RESULTADOS	117
4.3.1 Mortalidade de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais e fixos.....	118
4.3.2 Comportamento de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais e fixos.....	118
4.3.3 Infectividade de nematoides entomopatogênicos em larvas de <i>L. sativae</i> submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários	120
4.4 DISCUSSÃO.....	122
4.5 CONCLUSÃO.....	125
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125

1 CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Dentre os entraves da produção agrícola no Brasil, a ocorrência de insetos praga destaca-se como um dos principais, pois dependendo dos níveis de infestação, as perdas são significativas na produção. Tratando-se do cultivo de plantas pertencentes principalmente às famílias Solanaceae, Fabaceae e Curbitaceae e de plantas ornamentais, os insetos pertencentes ao gênero *Liriomyza* são de grande importância, uma vez que podem ocasionar redução da produção e conseqüentemente perdas econômicas para o produtor (REITZ; GAO; LEI, 2013).

Esses insetos são pertencentes à Ordem Diptera, Família Agromyzidae e popularmente conhecidos como moscas minadoras. São polívoros, as larvas alimentam-se do mesófilo foliar e possui o comportamento de construção de galerias nas folhas. Dessa forma, há a redução da área foliar na planta bem como de sua taxa fotossintética, ocasionando perdas na produção e na qualidade dos frutos. Além disso, em infestações de grande porte, as folhas tornam-se extremamente ressecadas e quebradiças (GUIMARÃES et al., 2009a).

A principal tática de manejo dessa praga ocorre por meio de pulverizações com agrotóxicos, com destaque para os ingredientes ativos Abamectina e Ciromazina, os quais possuem ação translaminar e atingem as larvas no interior da folha (WEI et al., 2015). Entretanto, o uso excessivo pode ocasionar problemas de resistência à esses produtos devido à seleção de genótipos, tornando o manejo menos eficaz (DEVKOTA et al., 2016). Surto populacionais de *Liriomyza* spp. têm ocorrido em diversas regiões do Brasil devido a fatores como resistência à inseticidas, cujo fato alterou o status de praga secundária para praga chave em cultivos de tomateiro e meloeiro (NUNES et al., 2013; PARISH et al., 2017).

Embora o uso do controle convencional e a ausência de amostragem levando em consideração o nível de controle sejam as estratégias de controle mais utilizadas, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) vem destacando-se no cenário agrícola devido aos problemas relacionados ao uso excessivo de defensivos e também ao aumento da demanda por procura de produtos livres de resíduos (ALYOKHIN et al. 2015). Dessa forma, a integração de diversos métodos de controle que sejam compatíveis entre si, cuja abordagem é a base do MIP pode auxiliar na redução de picos populacionais de insetos pragas e contribuir para uma produção agrícola mais sustentável (ALLAHYARI et al. 2016; PRATISSOLI et al., 2019).

Dentre os métodos alternativos para o manejo de pragas, os quais podem ser utilizados em programas de Manejo Integrado, têm-se as armadilhas geralmente constituídas por semioquímicos atrativos ou substâncias alimentares cuja função é atrair os insetos adultos e captura-los, contribuindo para a redução populacional (MANOUKIS; HALL; GEIB, 2014). Além da possibilidade de redução da infestação da praga, o uso de armadilhas atrativas pode facilitar sua detecção e monitoramento no ambiente (AZEVEDO et al., 2012). Diversos estudos envolvendo armadilhas e produtos com função atrativa como substâncias fermentadas, melão, açúcares, suco de frutas e proteínas têm sido desenvolvidos com o intuito de incrementar o manejo de pragas, principalmente para ordem Díptera como as moscas das frutas (RAGA et al., 2006; AZEVEDO et al., 2012; LANDOLT, ADAMS, ROGG, 2012; LASA; TADEO, 2015; CANDIA et al., 2019; HAFSI et al., 2020).

O uso de biopesticidas como os inseticidas botânicos também pode ser uma estratégia utilizada em programas de Manejo Integrado de Pragas. Embora sejam considerados inseticidas, quando comparados aos sintéticos apresentam menor toxicidade à outros organismos além de menor efeito residual em alimentos (WALIA et al. 2017). Uma grande variedade de compostos presentes em óleos essenciais foram estudados e demonstraram resultados promissores na mortalidade, repelência, ação antialimentar e efeitos subletais em vários grupos de insetos como em pulgões (Hemiptera: Aphididae) (SANTANA et al., 2014; KIMBARIS et al., 2017), mosca branca (Hemiptera: Aleyrodidae) (ABOU-FAKHR HAMMAD et al. 2014); tripses (Thysanoptera: Thripidae) (NAJMIZADEH et al. 2013), traça do tomateiro (Lepidoptera: Gelechiidae) (AIT TAADAOUIT et al., 2012) e coleópteros de grãos armazenados (Coleoptera: Curculionidae) (MAGALHÃES et al., 2015).

Outra estratégia é o controle biológico com o uso de nematoides entomopatogênicos, ferramenta eficaz para diversos grupos de insetos (WOLTZ et al., 2015; FOELKEL, MONTEIRO, VOSS, 2016). As principais famílias de nematoides entomopatogênicos utilizadas são Steinernematidae e Heterorhabditidae (BRIDA et al., 2021), com diversas espécies distribuídas em território brasileiro (BRIDA et al., 2017).

Esses agentes de controle possuem associação simbiótica com bactérias que são liberadas na hemocele dos insetos ocasionando a mortalidade dos mesmos (SABINO et al., 2017). Levando em consideração a base do manejo integrado de pragas, a compatibilidade desses organismos com inseticidas sintéticos e ou botânicos é de grande relevância para a associação de diferentes estratégias de controle (ROHDE et al., 2013).

Diante dos problemas ocasionados pelo uso excessivo e incorreto dos inseticidas sintéticos, o desenvolvimento de técnicas de manejo com o intuito de reduzir o uso é de grande importância para a produção de alimentos de melhor qualidade e para a redução dos problemas de contaminação. Para o controle de *Liriomyza* spp. são poucos os estudos que envolvem técnicas complementares ao controle químico e contribuam para essa redução.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de métodos de manejo para redução de populações de mosca minadora, por meio do uso de substâncias atrativas, aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários visando à mortalidade das larvas e a deterrência em adultos e a compatibilidade de nematoides entomopatogênicos com óleos essenciais, fixos e compostos majoritários sobre as larvas de *Liriomyza sativae*.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Aspectos gerais do gênero *Liriomyza*

1.2.1.1 Distribuição geográfica

O gênero *Liriomyza* é composto por aproximadamente 376 espécies, com 23 espécies consideradas de importância econômica com destaque para *Liriomyza huidrobensis* (Blanchard, 1926), *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880) e *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (ZHANG, YU, ZHOU, 2000; KANG et al. 2009; GAO et al. 2017), as quais estão presentes em todo território brasileiro. (GUIMARÃES et al, 2009a).

As espécies pertencentes ao gênero *Liriomyza* estão amplamente distribuídas, principalmente nas regiões que domina o clima temperado, com poucas espécies nas regiões tropicais. O centro de origem das três espécies de maior importância econômica é a América do Norte, aproximadamente no leste dos Estados Unidos e Canadá (PARRELA, 1987; WEINTRAUB et al., 2017).

Os primeiros relatos ocorreram em 1948 na Flórida, e desde então têm ampliado sua distribuição com novos registros em diversos continentes. No final da década de 60, houve a expansão das principais espécies de importância econômica, as quais se dispersaram para todos os continentes devido ao comércio de plantas infectadas (REITZ; GAO; LEI, 2013). No Brasil, os primeiros registros ocorreram na década de 60, no estado de São Paulo com ocorrência das espécies *L. huidrobensis* (ROSSETO E MEDONÇA, 1968) e *L. sativae* (NAKANO; WIENDL; MINAMI, 1967) associadas aos diversos cultivos.

1.2.1.2 Morfologia externa e biologia

Os adultos são pequenos, medem aproximadamente entre 1 a 3 mm de comprimento e as asas medem de 1,25 a 2,25 mm. O tórax e abdome possuem coloração cinza escuro e possuem manchas amarelas no escutelo e abdome (SPENCER; STEYSKAL, 1986). Geralmente as fêmeas são maiores que os machos e sua diferenciação é realizada por meio de observação da presença da bainha do ovipositor, chamada ovíscapo (COSTA LIMA et al., 2015). As puncturas são realizadas pelo aparelho reprodutor das fêmeas com o intuito de alimentação e oviposição. De acordo com Bethke e Parrella (1985), as puncturas destinadas à oviposição são em forma de leque devido à movimentação lateral do abdome enquanto que as puncturas circulares são destinadas à alimentação. Os machos dependem das fêmeas para se alimentar, uma vez que não possuem capacidade de produzir suas próprias puncturas. A variação do número de puncturas para alimentação e as destinadas à postura é de acordo com a espécie de planta hospedeira (MARTIN, et al., 2005a).

Os ovos são translúcidos, com formato oval e medem média de 0,10 mm de comprimento e 0,2 mm de largura. São depositados no mesófilo foliar e de acordo com seu desenvolvimento tornam-se esbranquiçados (PARRELLA, 1987).

As larvas são do tipo vermiforme e possuem três instares, que são diferenciados de acordo com o tamanho do corpo e do aparelho bucal. Alimentam-se do parênquima paliçádico, ocasionando galerias serpentiformes nas folhas. Quando atingem o terceiro ínstar, as larvas cessam sua alimentação, deixam as folhas e geralmente caem no solo para transformarem-se em pupas as quais possuem coloração variando entre o amarelo e alaranjado e medem cerca de 2 mm (GUIMARÃES et al. 2009a).

Segundo Costa Lima (2009), o ciclo biológico da espécie *L. sativae* é de aproximadamente 17 dias em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata*), à temperatura de 25°C e umidade relativa de 50%. A média do período de incubação dos ovos é de 2,8 dias até eclodirem as larvas que permanecem nesse estágio por média de 4,9 dias até transformarem-se em pupas. Essa fase considerada é considerada a mais longa com aproximadamente 8,9 dias.

1.2.1.3 Plantas hospedeiras

Dentre as espécies pertencentes à família Agromyzidae, o gênero *Liriomyza* é considerado o maior com número de espécies polífagas, uma vez que esse hábito não é comum nos representantes dessa família (SCHEFFER et al., 2007).

Tratando-se das três espécies de maior importância econômica, a espécie *L. trifolii* foi associada à aproximadamente 55 espécies hospedeiras no estado da Flórida, nos Estados Unidos, enquanto que *L. huidobrensis* à 50 espécies e *L. sativae* à 40 espécies distribuídas em 10 famílias, com destaque para as Solanaceae e Fabaceae (CAPINERA et al. 2001). Recentemente, Weintraub et al. (2017) descreveram 365 espécies de plantas hospedeiras distribuídas em 49 famílias, considerando 32% das plantas como espécies cultivadas, 18% plantas ornamentais e 50% plantas espontâneas.

No Brasil, as três espécies são comumente observadas em diversas culturas, principalmente aquelas pertencentes às famílias Solanaceae, Fabaceae, Cucurbitaceae e em plantas ornamentais (ARAÚJO et al., 2013). Dentre as culturas de maior importância econômica, destaca-se o cultivo de batata (BUENO et al., 2007; ALVES et al, 2014); pepino (BASIJ et al., 2011); tomate (LOPES-FILHO 1990; PRATISSOLI et al., 2015); melancia (ROSSETO; MENDONÇA, 1968); melão (AZEVEDO et al., 2005; NUNES et al., 2013), cebola (MICHEREFF-FILHO et al., 2012), alho (SOARES et al.,2020), café (SILVA et al. 2015), feijão (BUENO et al., 2007), crisântemo (POLANCZYK et al., 2008), beterraba, acelga, nabo e abóbora (COSTA et al., 1961).

1.2.1.4 Danos e importância econômica

As perdas ocasionadas pelas espécies pertencentes ao gênero *Liriomyza* estão relacionados às galerias formadas pelas larvas nas folhas, as quais reduzem a capacidade fotossintética das plantas bem como o teor de açúcares dos frutos. De acordo com o nível de infestação, pode ocorrer a queda prematura das folhas devido ao seu ressecamento, como ocorre em plantas de melão na região do Nordeste (COSTA LIMA, 2009, ARAÚJO et al., 2013). Além disso, o comportamento de confeccionar galerias nas folhas pode interferir no valor estético das plantas ornamentais, gerando a redução do valor comercial das mesmas (PARRELA; ALLEN; MORICHITA, 1981; FOBA et al. 2015).

De acordo com o nível de infestação das larvas de *Liriomyza* spp. nas plantas, bem como a espécie hospedeira, a área foliar danificada e os aspectos fisiológicos, como a taxa fotossintética podem ser maiores ou menores. Em plantas de tomate, a área foliar danificada pela presença de uma larva por folíolo é de 0,37cm², enquanto que de oito larvas por folíolo é de aproximadamente 2,09cm² (LEE et al., 2004). Em plantas de feijão, há uma redução de

uma média de 12,2%, 31,3% e 98,3% da área foliar na presença de uma a cinco larvas, seis a 15 larvas e 16 a 25 larvas de *L. trifolli* por folha, respectivamente (YILDIRIM et al., 2010). No Brasil, em cultivos de melão, a área foliar consumida pela presença de uma larva de *L. sativae* por folha é de aproximadamente 1,2cm² e de 30 larvas por folha é de 40,8cm², valor que corresponde a 44% da área foliar total. A redução da taxa fotossintética com esse mesmo número de larvas por folha foi reduzida em 50,7% (COSTA et al, 2017).

No Brasil, *Liriomyza* spp. têm ocasionado problemas em diversas culturas. Nas principais regiões produtoras de melão, como Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, são consideradas como pragas chaves, responsáveis por perdas de aproximadamente 40% da produção na safra de 2013. No estado de Minas Gerais, um estudo relacionado aos danos econômicos de *L. huidobrensis* em cultivos de batata, mostrou que em baixa infestação desta praga, o custo de produção por hectare foi de R\$ 15.433,00 enquanto em altas infestações, o custo foi de R\$28.316,00 devido à maiores quantidades de aplicações de agrotóxicos (ALVES et al., 2017).

1.2.2 Métodos de controle para o gênero *Liriomyza*

1.2.2.1 Métodos físicos

1.2.2.1.1 Armadilhas adesivas

O uso de armadilhas adesivas amarelas foi relatado por diversos pesquisadores destacando a eficácia na captura de adultos de *Liriomyza* spp. Essa estratégia é considerada a primeira alternativa de manejo ao controle químico (TYRON, 1981; CHANDER 1981). Segundo Chavez; Raman (1987), cartões amarelos de 16x16 cm cobertos com cola e posicionados à 60 cm do solo foram eficazes na captura de adultos de *L. huidobrensis* em cultivos de tomate em comparação à bandejas amarelas contendo água e detergente e armadilhas semelhantes à McPhail utilizada para mosca das frutas.

Em cultivos de aipo na Flórida, a maior atratividade de *L. huidobrensis* se deu em armadilhas amarelas, seguidas pela cor verde em comparação às cores branca, roxa, azul e vermelha, enfatizando a melhor resposta desses insetos a tais comprimentos de onda (MARTIN et al., 2005b). Na Turquia, em cultivos de algodão, o emprego de armadilhas adesivas amarelas foi eficiente na captura de adultos de *L. trifolli* à uma altura de 25 cm, na posição horizontal, com média de 112,4 adultos por armadilha em um período de 24 horas (GENCSOYLU, 2006).

Além do uso como alternativa de controle, as armadilhas amarelas são comumente utilizadas como ferramenta para monitoramento em cultivos como crisântemo na Califórnia (PARRELA; JONES, 1987), batata como parte do programa de manejo integrado de pragas na Argentina, (LÓPEZ et al., 2010) bem como em diversos cultivos em casa de vegetação na China (KANG et al. 2009, CHEN et al. 2011) ou para desenvolvimento de diversos estudos como a influência do período do dia na atividade de *L. trifolli* em meloeiro (GUIMARÃES et al., 2009b).

No Brasil, o uso de armadilhas adesivas amarelas em cultivos de melão na região Nordeste tem-se mostrado bastante efetivo na redução de populações de adulto de *L. sativae* (GUIMARÃES et al., 2005).

1.2.2.1.2 Armadilhas luminosas

Como armadilha luminosa, diferentes cores de luzes de LED foram avaliadas com o intuito de atrair adultos de *L. trifolli* em comparação à luz negra comumente utilizada no manejo de pragas. Os adultos responderam positivamente à cor verde, cujo comprimento de onda (520 ± 5 nm) corresponde à faixa de melhor percepção nessas espécies (KIM; LEE, 2014; PARK; LEE, 2017).

1.2.2.2 Métodos por comportamento

1.2.2.2.1 Substâncias atrativas

A percepção de substâncias atrativas ou repelentes pelos insetos ocorre devido à quimiorrecepção, sistema responsável pela captura de sinais químicos provenientes de odores e voláteis de plantas. A resposta positiva ou negativa dos insetos em direção ao sinal recebido ocorre pela percepção das moléculas de odores, que ao entrar em contato com as sensilas, presentes principalmente nas antenas, ocasionam um estímulo no sistema nervoso e conseqüentemente a mudança de comportamento (CHAPMANN, 1998). Devido ao fato dos insetos responderem aos voláteis presentes no ambiente, a manipulação dos mesmos pode auxiliar no manejo de pragas, como o uso de substâncias atrativas ou repelentes (BRUCE; PICKETT, 2011).

De acordo com Górski (2005), a eficácia das armadilhas pode ser melhorada com a combinação de substâncias que promovam maior atratividade. Em cultivos de Gérberas na Polônia, os cartões amarelos pincelados em sua parte inferior com óleos essenciais de pinho, manjeriço e zimbro aumentaram a efetividade da armadilha em relação ao número de adultos de *L. huidobrensis* capturados em comparação aos cartões com ausência dos

óleos. Na Lituânia, em cultivos protegidos de tomate, as armadilhas adesivas amarelas foram acopladas à recipientes de plástico contendo solução de Salicilato de Metila como substância atrativa para captura de adultos de *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach, 1858). A presença da substância otimizou o efeito das armadilhas, cujo resultado foi o dobro do número de adultos em comparação àquelas sem a presença do atrativo. (BUDA; RADZIUTE, 2008).

Estudos de diferentes substâncias atrativas em laboratórios evidenciaram que *Liriomyza* sp. possuem preferência por soluções contendo sucos vegetais de folhas de feijão em comparação a soluções açucaradas como açúcar branco e melaço (NAKANO; SETTEN, 1982).

Por outro lado, Cruz (1988) ao estudar o efeito da atratividade do caldo de cana de açúcar, da proteína hidrolisada, do vinagre de maçã, do vinagre de uva e da mistura de banana amassada com melaço observou que os adultos de *Liriomyza* sp. foram em sua maioria mais atraídos por essa mistura em comparação às outras substâncias estudadas.

A proteína hidrolisada que é um produto amplamente utilizado para captura de dípteros como as moscas das frutas (RAGA et al., 2006; SCOZ et al., 2006; AZEVEDO et al., 2012; CHA et al., 2014; BIASAZIN et al., 2018), favorece a captura de adultos de *Liriomyza* spp. quando adicionadas às iscas tóxicas em cultivos de melão (GUIMARÃES et al., 2005).

Ao contrário, em outros estudos em laboratório, os adultos de *Liriomyza* sp. mostraram-se menos atraídos pela proteína hidrolisada quando submetidos à atração da mesma e de substâncias como mel e suco de melão, demonstrando preferência pelo suco de melão (ROCHA et al, 2010).

1.2.2.3 Métodos culturais

A destruição de plantas espontâneas no ambiente de cultivo é fundamental para reduzir a fonte de alimento e oviposição para *Liriomyza* spp. (CAPINERA, 2001). Esse trato cultural pode ser de grande importância, uma vez que 50% das espécies relatadas como plantas hospedeiras de *Liriomyza* spp. são consideradas ervas daninhas (WEINTRAUB et al., 2017).

Em cultivos de melão no Nordeste, o uso de tecido não tecido (TNT) como cobertura nas plantas reduz o ataque de *Liriomyza* spp. nos primeiros 28 dias até o início do florescimento. Nesse período, a cobertura é retirada para não influenciar na polinização das flores (GUIMARÃES et al., 2005).

1.2.2.4 Métodos de resistência de plantas

No Brasil, a avaliação de diferentes genótipos de meloeiro quanto à resistência à *Liriomyza* sp. foi avaliada e confirmada a não preferência dos adultos por plantas que possuem maior rigidez da folha devido à espessura da epiderme (OLIVEIRA et al., 2017; CELIN et al., 2017).

Na mesma cultura, dentre os 23 acessos de meloeiro avaliados quanto à resistência para *Liriomyza* spp. apenas um mostrou-se menos favorável à infestação. Além do menor número de galerias por folha, não houve formação de pupas, enfatizando a resistência do tipo antibiose (NUNES et al., 2013). Para Dias-Pini et al. (2016), os compostos secundários produzidos por diferentes genótipos de meloeiro atuam no metabolismo de larvas de *L. sativae*, interferindo no seu desenvolvimento.

Segundo Celin et al. (2017), a maioria dos genótipos que conferiram algum tipo de resistência à *Liriomyza* spp. possui características qualitativas que não são favoráveis ao mercado, assim como o acesso resistente descrito por Nunes et al., (2013), apresentando desvantagem em relação à altura da planta e qualidade dos frutos.

Quanto à indução de resistência, o uso do silício pode conferir resistência às plantas, reduzindo o ataque de insetos praga e patógenos, devido à formação de barreiras mecânicas, como células da epiderme mais grossas e com maior grau de silicificação (GOMES et al., 2005). Esse fator foi verificado por Parrela et al. (2007) em cultivos de crisântemo na Flórida, por Polanczyk et al. (2008) nas mesmas plantas ornamentais utilizando composto silicatado no estado do Espírito Santo e por Gomes; Moraes e Neri (2009) em plantas de batata no Sul de Minas Gerais. Em ambos os trabalhos, foi observado um menor número de galerias ocasionadas por *Liriomyza* spp. em comparação as plantas que não receberam o tratamento com silício.

1.2.2.5 Métodos biológicos

1.2.2.5.1 Parasitoides

Os himenópteros parasitoides são responsáveis por aproximadamente 50% da mortalidade natural de *Liriomyza* spp., em ambientes naturais (VALADARES et al. 2001; SALVO, FENOGLIO, VIDELA, 2005). Associados ao gênero *Liriomyza* foram descritos até o momento uma média de 106 espécies distribuídas em cinco gêneros pertencentes à família Braconidae, uma espécie da família Diapriidae, oito gêneros da família Figitidae, 16 gêneros pertencentes à família Eulophidae, oito gêneros da família Pteromalidae e dois gêneros

pertencentes à família Tetracampidae em todas as regiões do mundo (WEINTRAUB et al., 2017).

No Brasil, há cerca de 12 espécies e 16 com relato apenas do gênero, distribuídas em 3 famílias. O gênero *Opius* (syn. *Phaedrotoma*) é considerado o mais comum e com registro no sul do Brasil (SANTOS et al., 2008), sudeste (WATANABE et al., 1992; PEREIRA et al., 2002), nordeste (ARAUJO et al., 2007) e centro-oeste (GUIMARÃES et al., 2010).

O controle de *Liriomyza* spp. utilizando parasitoides é comum na Europa, em cultivos em campo aberto e em casa de vegetação. As espécies *Dacnusa sibirica* Telenga, 1934 (Hymenoptera: Braconidae) e *Diglyphus isaea* (Walker, 1838) (Hymenoptera: Eulophidae) são utilizadas comercialmente como agentes de controle biológico em diversos países do continente Europeu, em cultivos agrícolas e de plantas ornamentais (REDDY, 2016).

Em cultivos de melão na região Nordeste, a presença dos parasitoides *Opius scabriventris* Nixon, 1955 (Himenoptera: Braconidae) e *Chrysocharis vonones* Walker, 1839 (Hymenoptera: Eulophidae) motivou estudos relacionados à biologia bem como as exigências térmicas, visando um futuro estabelecimento de programa de controle biológico (COSTA-LIMA, CHAGAS, PARRA, 2014). Posteriormente, foi desenvolvido um sistema de criação de parasitoides utilizando a espécie *O. scabriventris* como modelo sobre o hospedeiro *L. sativae* (COSTA-LIMA et al., 2017).

1.2.2.5.2 Predadores

Quanto ao uso de predadores, há registros de diversas espécies alimentando-se de larvas de *Liriomyza* spp., porém nenhum considerado de grande relevância quando comparados aos parasitoides, levando-se em consideração o controle biológico aumentativo (COSTA-LIMA, CHAGAS, PARRA, 2019).

Em cultivos de tomate em casa de vegetação na Europa, o mirídeo predador *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839) (Heteroptera: Miridae) foi registrado como predador de larvas de *L. trifolii*, considerando o fato que as larvas são de tamanho semelhante às larvas de primeiro instar de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), presa preferencial desses predadores (DE BACKER et al., 2014). No mesmo cultivo, o predador *Macrolophus caliginosus* Wagner, 1951 (Heteroptera: Miridae) em associação com o parasitoide *D. isae* foi uma tática de manejo que reduziu a infestação de *Liriomyza* spp. (LIU et al., 2009).

No Brasil, a avaliação em laboratório da capacidade de predação da mosca predadora *Coenosia attenuata* Stein 1903 (Diptera: Muscidae), popularmente conhecida como mosca tigre, sobre larvas de *L. huidobrensis* foi satisfatória, enfatizando a capacidade de redução das larvas em cultivos onde esse predador ocorre naturalmente (MARTINS, J. et al., 2012). Segundo os dados do levantamento feito no Nordeste, sua presença foi registrada em cultivos de crisântemo e tomate, que são plantas hospedeiras de *Liriomyza* spp. (COURI et al., 2018).

1.2.2.5.3 Entomopatógenos

1.2.2.5.3.1 Fungos

Segundo YANO (2004), a utilização de fungos entomopatogênicos em *Liriomyza* spp. apresenta dificuldade devido às larvas se desenvolverem no mesófilo foliar, protegidas pela cutícula, reduzindo o contato entre os conídios e as mesmas. Embora seja observada essa dificuldade, as espécies relatadas como colonizadores de *Liriomyza* spp. foram: *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879) Sorokin 1883 (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown e Smith 1957 e *Lecanicillium muscarium* (Petch) Zare e Gams 2001 (Hypocreales: Cordycipitaceae).

A autoinoculação foi avaliada para a espécie *L. huidobrensis* em cultivos de feijão utilizando um dispositivo modificado a partir da armadilha amarela Lynfield Trap®, contendo conídios de *M. anisopliae* e *B. bassiana*. Após 24 horas foi verificado que os adultos adquiriram média de $4,1 \pm 0,7 \times 10^5$ conídeos, aumentando sua contaminação com o tempo, atingindo valor de $39,6 \pm 4,0 \times 10^5$ conídeos após cinco dias (MIGIRO et al., 2010). Foi verificado também sobre adultos, o efeito de *M. anisopliae*, cuja colonização reduz a alimentação bem como a oviposição de *L. huidobrensis* (MIGIRO et al., 2011).

Em cultivos de feijão no Quênia, a avaliação dos isolados de *M. anisopliae*, e *B. bassiana* sobre *Liriomyza* sp, inoculados em semente, reduziram o número de galerias nas folhas e pupas formadas, apesar do grande número de puncturas de alimentação (GATHAGE et al., 2016).

1.2.2.5.3.2 Nematoides entomopatogênicos

Os nematoides entomopatogênicos (NEP's) são organismos que vivem no solo e possuem três fases de desenvolvimento: ovo, juvenil com quatro estádios (J1, J2, J3 ou JI e J4) e

adulto (DOLINSKI, 2006). A única fase em que esses organismos são capazes de sobreviver na ausência do hospedeiro é no estágio juvenil (J3), também chamados de juvenis infectantes (JI), em que permanecem no solo até encontrarem um hospedeiro e continuarem seu desenvolvimento (DEVI, 2018). A mortalidade do hospedeiro ocorre quando os juvenis alcançam a hemolinfa dos insetos e liberam as bactérias simbióticas, presentes no epitélio intestinal, as quais produzem uma ampla gama de toxinas (CAGNOLO et al., 2004). Os nematoides se alimentam do hospedeiro, se desenvolvem e se reproduzem (EBSSA; KOPPENHÖFER, 2011). Poucas espécies de nematoides entomopatogênicos foram relatadas como agentes de controle de *Liriomyza* spp. (LIU et al., 2009).

A espécie de nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) (Rhabditida: Steinernematidae) foi avaliado como agente de controle para *L. trifolii* e mostrou-se promissor na mortalidade de larvas de todos os instares (LEBECK et al., 1993; HARA et al., 1993).

A suscetibilidade de larvas de segundo e terceiro instar de três espécies de *Liriomyza* foi confirmada em laboratório ao nematoide entomopatogênico *Steinernema feltiae* Filipjev, 1934 (Rhabditida: Steinernematidae), resultando em uma mortalidade de aproximadamente 82,5% das larvas em folhas de tomate (WILLIAMNS; WALTERS, 2000).

Com a mesma espécie de nematoide entomopatogênico, *S. feltie*, a suscetibilidade de larvas de *L. sativae* foi estudada em plantas de feijão, cuja CL_{50} encontrada foi de 8.345 juvenis infectivos por mL e a CL_{80} de 74.598 juvenis infectivos por mL, mostrando que essa espécie tem potencial para ser aplicada via foliar (EBRAHIMI; SHIRI; DUNPHY, 2016).

Gayatri e Duraimurugan (2019) mostraram em laboratório a virulência da espécie de nematoide entomopatogênico *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae) em larvas de último instar de *L. trifolii*. A CL_{50} foi de 54 juvenis infectivos por larva em 24 horas e 37,8 juvenis infectivos em 48 horas.

O efeito da exposição direta da espécie de nematoide entomopatogênico *S. feltie* à inseticidas utilizados para o manejo de *Liriomyza* sp. foi estudado em folhas de alface. Embora os juvenis tenham ocasionado mortalidade nas larvas de mosca minadora, a infectividade foi inferior em comparação aos juvenis que não foram submetidos à aplicação dos inseticidas (HEAD; WALTERS; LANGTON, 2000).

1.2.2.6 Métodos químicos

1.2.2.6.1 Inseticidas sintéticos

O principal método de manejo para *Liriomyza* spp. é o controle químico (DEVKOTA et al. 2016). Para o controle de espécies do gênero *Liriomyza*, os ingredientes ativos mais utilizados no mundo são a Abamectina e Ciromazina (REITZ et al., 2013; GAO et al., 2017).

No Brasil, existem registros de diversos grupos químicos para o controle de *Liriomyza* spp. nas principais culturas de importância econômica (Tabela 1).

Tabela 1 Ingredientes ativos e grupos químicos registrados para espécies de *Liriomyza* nas respectivas culturas.

Espécie	Grupo químico	Ingrediente ativo	Cultura
<i>Liriomyza</i> spp.	Piretroide	Deltametrina	Pimentão Berinjela Tomate
	Piretroide	Fenpropratrina	Melão Melancia
	Avermectina	Abamectina	Plantas Ornamentais Tomate Melão Pimentão
	Triazinamida	Ciromazina	Plantas Ornamentais
	Espinosina	Espinetoram	Plantas Ornamentais Melão Beterraba Melancia Maxixe Cebola Pimenta Abobrinha Abóbora Batata Yacon
	Antralinamida	Ciantraniliprole	Alface Alho poró Pimentão Melão

Fonte: AGROFIT, 2021. Acesso em 10/06/2021

Quanto à seletividade dos inseticidas sintéticos utilizados no Brasil, o Thiamethoxam (Actara®) foi testado em diferentes concentrações em cultivos de batata na região de São Roque (SP) quanto à eficiência na mortalidade de *L. huidobrensis* e de himenópteros

parasitoides. Foi verificado que mesmo na menor concentração, o inseticida foi eficiente na mortalidade de *L. huidobrensis* e ocasionou mortalidade semelhante às outras concentrações sobre os parasitoides avaliados (LARA et al. 2002). Em laboratório, foi verificado que os ingredientes ativos Thiamethoxam, Clorotraniprole e Acefato, apresentaram seletividade aos parasitoides *Opius* sp. e baixa mortalidade de *L. huidobrensis*, enquanto que os ingredientes ativos Cloridrato de Cartape e Espinosade foram eficientes no controle de *L. huidobrensis* porém bastante tóxicos para os parasitoides (CAMPOS et al., 2012). Em cultivos de melão, foram testados quanto à toxicidade à *O. scabriventris* oito inseticidas utilizados para diferentes pragas, dentre eles Abamectina e Ciromazina para controle de *Liriomyza* sp. A taxa de mortalidade do parasitoide foi alta quando em contato com Abamectina e baixa na presença do ingrediente ativo Ciromazina. Além disso, o Cartape como testado em outros trabalhos mostrou-se extremamente tóxico à população de parasitoides (ARAÚJO et al., 2015).

1.2.2.6.2 Inseticidas botânicos

Os inseticidas botânicos são utilizados no manejo de insetos praga desde séculos passados e durante longo período de tempo foram determinados como os principais métodos de controle. Com o desenvolvimento da agricultura e aparecimento de tecnologias, esses derivados das plantas foram substituídos em sua maioria por inseticidas sintéticos, produzidos a partir de moléculas naturais, provenientes das plantas (MENEZES, 2005; OOTANI, MARCIO AKIO et al., 2013).

Os óleos essenciais são considerados inseticidas botânicos amplamente pesquisados devido a sua ação contra patógenos e insetos herbívoros (PAVELA AND BENELLI, 2016; CAMPOS et al., 2018). São provenientes do metabolismo secundário das plantas e consistem em uma mistura complexa entre uma média de 20 a 60 de compostos voláteis, sendo aqueles presentes em maiores concentrações denominados de compostos majoritários (BAKKALI et al., 2008; DEVI et al., 2020). Diversas espécies de plantas produzem compostos que são repelentes, alteram o desenvolvimento e crescimento, influenciam no comportamento sexual e de oviposição, além da ação tóxica e antialimentar nos insetos, os quais podem ser extraídos e utilizados na agricultura (DUBEY et al., 2011; CAMPOS et al., 2018).

As propriedades biológicas dos óleos essenciais geralmente são provenientes da ação dos seus compostos principais, constituídos principalmente por hidrocarbonetos terpênicos, entre eles, sesquiterpenos e monoterpenos e por compostos oxigenados, como os alcoóis, fenóis,

aldeídos e ésteres (BUCKLE, 2015; RAVEAU et al., 2020). Os monoterpenos frequentemente representam aproximadamente 80% dos compostos presentes nos óleos essenciais (ASBAHANI et al., 2015; MOSSA et al., 2016) e possuem em sua maioria atividade neurotóxica nos insetos, com ação na inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE), na modificação dos sítios receptores do ácido γ -aminobutírico (GABA) e como ligantes nos receptores de octopamina (JANKOWSKA et al., 2018).

Outros compostos botânicos são os óleos fixos ou não essenciais, que são provenientes da extração de diversas partes das plantas como sementes, folhas, caules e flores (PIRAS et al., 2012). A constituição desses óleos é derivada principalmente de uma mistura de ésteres de ácidos graxos, triglicerídeos e outros lipídeos (ROSA et al., 2017). Os ácidos graxos mais comuns presentes nesses óleos são os ácidos palmítico, estérico, linoléico e oléico (ROSA et al., 2018). Os compostos presentes nos óleos fixos desempenham atividade ovicida nos insetos, capacidade de bloquear os espiráculos, ocasionando mortalidade por asfixia, inibição na alimentação, alteração hormonal e no comportamento sexual (MEAD et al., 2016, ARIBI et al., 2017).

No Brasil, estudos utilizando extratos de sementes de nim foram avaliados tanto em aplicação foliar quanto em aplicação via irrigação no solo em cultivos de melão no Nordeste para controle de *L. sativae*. As duas situações ocasionaram efeito positivo na redução da população da praga nas concentrações 8g/100ml de água via solo e 20g/100mL via foliar, ocasionando uma média de 80% e 90% de mortalidade larval, respectivamente (COSTA et al., 2016; COSTA, SILVA, ARAÚJO, 2018). Tratando-se da mesma planta, porém com a utilização do óleo extraído das sementes, há relatos do seu efeito inseticida sobre *L. sativae* em cultivos de tomate na Tailândia (HOSSAIN; POEHLING, 2006) e melão no Brasil (SILVA et al., 2015).

Recentemente, óleos essenciais das espécies vegetais do gênero *Lippia* e *Croton*, provenientes de plantas pertencentes ao bioma Caatinga, foram estudados a respeito do seu efeito inseticida em larvas de *L. sativae* e deterrente em adultos da mesma espécie. Esses óleos ocasionaram mortalidade nas larvas bem como redução de oviposição e puncturas de alimentação nas folhas (OLIVEIRA et al., 2020).

1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOU-FAKHR HAMMAD, E.; ZEAITER, A.; SALIBA, N.; TALHOUK, S. Bioactivity of indigenous medicinal plants against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*, Journal of Insect Science. v. 14, n. 105, p. 1-18, 2014.

- AIT TAADAOUIT, N.; HSAINE, M.; ROCHDI, A.; NILAHYANE, A., BOUHARROUD, R. Effect of methanol extracts of selected Moroccan plants on *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). **EPPO Bulletin**. v. 42, n. 2, p.275–280, 2012.
- ALLAHYARI, M.S.; DAMALAS, C.A.; EBADATTALAB, M. Determinants of integrated pest management adoption for olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) in Roudbar, Iran. **Crop Protection**, v. 84, p.113–120, 2016.
- ALVES, F. M.; GONRING, A. H. R.; ZANUNCIO, J. C.; DE SENA FERNANDES, M. E.; PLATA-RUEDA, A.; FERNANDES, F. L. Economic damage levels and treatment thresholds for leafminer insects in *Solanum tuberosum* crops. **Crop Protection**. v. 100,p. 81-86, 2017.
- ALVES, F. M.; DINIZ, J. F.; DA SILVA, Í. W.; FERNANDES, F. L.; DA SILVA, P. R.; GORRI, J. E Sampling Plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on a Potato (*Solanum tuberosum*) Plantation. **American Journal of Potato Research**. v. 91, n. 6, p. 663-672, 2014.
- ALYOKHIN. A.; MOTA-SANCHEZ. D.; BAKER, M.; SNYDER, W.E.; MENASHA, S.; WHALON, M.; DIVELY, G.; MOARSI, W.F. The Red Queen in a potato field: integrated pest management versus chemical dependency in Colorado potato beetle control. **Pest Management Science**, v. 71, p.343–356, 2015.
- ARAÚJO, E.L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**. Santa Maria, v.43, n.4, p.579-582, 2013.
- ARAÚJO, E.L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; NETTO, A. C. M.; FILGUEIRA, M. AMosca minadora associada à cultura do meloeiro no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Caatinga**. Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.
- ARAÚJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; BEZERRA, C. E. S.; COSTA, E. M. Toxicity of insecticides used in melon crops to *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Bioscience Journal**. v. 31, n. 5, p. 1370-1377, 2015.
- ARIBI, N.; OULHACI, M. C.; KILANI-MORAKCHI, S.; SANDOZ, J. C.; KAISER, L.; DENIS, B.; JOLY, D. Azadirachtin impact on mate choice, female sexual receptivity and male activity in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**. v. 143, p. 95-101, 2017.
- ASBAHANI, A.E.; MILADI, K.; BADRI, W.; SALA, M.; ADDI, E.H.A.; CASABIANCA, H.; MOUSADIK, A.E.; HARTMANN, D.; JILALE, A.; RENAUD, F.N.R., Essential oils: From extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**. v. 483, n. 2, p.220-243, 2015.
- AZEVEDO, F. R.; GUIMARÃES, J. A.; TERAPO, D.; NETO, L. G. P.; DE FREITAS, J. D. A. D Distribuição vertical de minas de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) em folhas do meloeiro, em plantio comercial, **Revista Ciência Agronômica**. v. 36, n. 3, p. 322-326, 2005.
- AZEVEDO, F. R.; GURGEL, L. S.; SANTOS, M. L. L.; SILVA, F. B.; MOURA, M. A. R.; NERE, D. R. Eficácia de armadilhas e atrativos alimentares alternativos na captura de moscas-da-fruta em pomar de goiaba. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 79, n. 3, p. 343-352, 2012.

- BASIJ, M., ASKARIANZADEH, A., RAFEZI, R. Evaluation of resistance of cucumber cultivars to the vegetable leafminer (*Liriomyza sativae* Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) in greenhouse. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v. 71, n. 3, p. 395-400, 2011.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils ? A review, **Food Chemical Toxicology**. v. 46, p. 446–475, 2008.
- BETHKE, J. A.; PARRELLA, M. P. Leaf puncturing, feeding and oviposition behavior of *Liriomyza trifolii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 39, n. 2, p. 149- 154, 1985.
- BIASAZIN, T. D.; CHERNET, H. T.; HERRERA, S. L.; BENGTSSON, M.; KARLSSON, M. F.; LEMMEN-LECHELT, J. K.; DEKKER, T. Detection of Volatile Constituents from Food Lures by Tephritid Fruit Flies. **Insects**. v. 9, n. 119, p. 1-14, 2018.
- BRIDA, A. L.; CANDELARIA, M. C.; CASTRO, B. M. C.; LEITE, L. G.; WILCKEN, S. R. S.; ZANUNCIO, J. C.; WILCKEN, C. F. Pathogenicity of *Steinernema braziliense* (Rhabditida: Steinernematidae) to *Gonipterus platensis* (Coleoptera: Curculionidae) prepupae, **Brazilian Journal of Biology**. v. 81, n. 1, p. 213-216, 2021.
- BRIDA, A. L.; ROSA, J. M. O.; OLIVEIRA, C. M. G.; CASTRO, B. M. C.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, L. G.; WILCKEN, S. R. S. W. Entomopathogenic nematodes in agricultural areas in Brazil. **Scientific Reports**. v. 7, n. 1, p. 1-7, 2017.
- BRUCE, T.J.A.; PICKETT, J.A. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects – Finding the right mix. **Phytochemistry**. v. 72, p.1605–1611, 2011.
- BUCKLE, J. **Basic plant taxonomy, basic essential oil chemistry, extraction, biosynthesis, and analysis**. In Clinical Aromatherapy; BARLOW, J., p. 37–72, 2015.
- BUDA, V.; RADZIUTE, S. Kairomone Attractant for the Leafmining Fly, *Liriomyza bryoniae* (Diptera, Agromyzidae). **A Journal of Biosciences**, v. 63, n. 7, p. 615-618, 2008.
- BUENO, A. F.; SANTOS, A. C.; TOFOLI, G. R.; PAVAN, L. A.; BUENO, R. C. O. F. Reduction of spinosad rate for controlling *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its impact on *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) and *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Bioassay** v. 2, n. 3, p. 8p., 2007.
- CAMPOS, E. V. R.; PROENÇA, P. L. F.; OLIVEIRA, J. L.; BAKSHI, M.; ABHILASH, P. C.; FRACETO, L. F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. **Ecological Indicators**. p. 1-13, 2018.
- CAMPOS, S. O. et al. Efeitos de inseticidas a *Liriomyza huidobrensis* e ao parasitóide *Opius* sp. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 1337-1341, 2012.
- CANDIA, I. F.; BAUTISTA, V.; HERRERA, S. L.; WALTER, A.; CASTRO, N. O.; TASIN, M.; DEKKER, T. Potential of locally sustainable food baits and traps against the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* in Bolivia. **Pest Management Science**, v. 75, p. 1671-1680, 2019.
- CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of Entomology**. University of Florida. 2ed. 4346p. 2001.
- CELIN, E. F. Simple genetic inheritance conditions resistance to *Liriomyza sativae* in melon. **Euphytica**, v. 213, p. 101-111, 2017.

CHA, D. H.; HESLER, S. P.; PARK, S.; ADAMS, T. B.; ZACK, R. S.; ROGG, H.; LOEB, G. M.; LANDOLT, P. J. Simpler is better: fewer non-target insects trapped with a four-component chemical lure vs. a chemically more complex food-type bait for *Drosophila suzukii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 154, p. 251-260, 2014.

CHAVEZ, G. L; RAMAN, K. V. Evaluation of trapping and trap types to reduce damage to potatoes by the leafminer, *Liriomyza huidobrensis* (Diptera, Agromyzidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 8, n. 3, p. 369-372, 1987.

CHEN, B., WANG, J., ZHANG, L., Li, Z., XIAO, G. Effect of intercropping pepper with sugarcane on populations of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids. **Crop Protection**, v. 30, n. 3, p.253–258, 2011.

COSTA, A. S., CARVALHO, A. M. B.; SILVA, D. M. Os dípteros minadores de folhas como importante praga de plantas econômicas em São Paulo. **Bragantia**, v. 20, p.101–105, 1961.

COSTA, E. M. Extrato aquoso de sementes de nim no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 401-406, 2016.

COSTA, E.M.; FREITAS, R. M. O.; SILVA, P. A. F.; ARAÚJO, E. L. Determination of damaged leaf area and physiological responses of melon plants submitted to different infestation levels of *Liriomyza sativae*. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.4, p. 571 a 575, 2017.

COSTA, E. M.; SILVA, F. E. L.; ARAÚJO, E. L. Effect of aqueous neem seed extract via irrigation on larvae of *Liriomyza sativae* in melon crop. **Horticultura Brasileira**, v.36, n.3, 2018.

COSTA-LIMA, T. M.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Comparing Potential as Biocontrol Agents of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae*. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 4, p. 660-667, 2019.

COSTA-LIMA, T. C.; CARVALHO, A.; PARRA. **Moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae): aspectos taxonômicos e biologia**. Documentos 268, 36p. Embrapa Semiárido, 2015.

COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Temperature-Dependent Development of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 245, p. 1-4, 2014.

COSTA-LIMA, T.C.; C., GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar no desenvolvimento de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) em *Vigna unguiculata*. **Neotropical Entomology**, v.38, n.6, p.727-733, 2009.

COSTA-LIMA, T. C.; GEREMIAS, L. D.; EGIATO, A. M.; DAS CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P **Sistema de criação de parasitoide de mosca-minadora**. Circular técnica 116, Embrapa Semiárido, 8p., 2017.

COURI, M. The predator *Coenosia attenuata* Stein (Diptera, Muscidae) on cultivated plants from Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 178-183, 2018.

CRUZ, C. A. **Observações sobre o comportamento de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera – Agromyzidae) em cultura da batatinha (*Solanum tuberosum***

L.). Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 52f. 1988.

DE BACKER, L. et al. *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) as an efficient predator of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Europe. A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, v. 18, n. 4, p. 536-543, 2014.

DEVI, G. Mass Production of Entomopathogenic Nematodes- A Review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, v. 3, n. 3, p. 1032-1043, 2018.

DEVI, M. A.; NAMEIRAKPAM, B.; DEVI, T. B.; MAYANGLAMBAM, S.; SINGH, K. D.; SOUGRAKAM, S.; SHADIA, S.; TONGBRAM, M.; SINGH, S. D.; SAHOO, D.; RAJASHEKAR, Y. Chemical compositions and insecticidal efficacies of four aromatic essential oils on rice weevil *Sitophilus oryzae* L.. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 40, p. 549-559, 2020.

DIAS-PINI, N. S. **Não Preferência para Alimentação em Linhagens de Meloeiro por Mosca-minadora, *Liriomyza sativae***. Boletim de Desenvolvimento e Pesquisa 114, Embrapa Agroindústria Tropical, 15p., 2016.

DUBEY, N. K.; SHUKLA, R.; KUMAR, A.; SINGH, P.; PRAKASH, B. **Global Scenario on the Application of Natural Products in Integrated Pest Management Programmes**. In: DUBEY, N. K. *Natural Products in Plant Pest Management*,. 280p., 2011.

EBSSA, L.; KOPPENHÖFER, A. M. Entomopathogenic nematodes for the management of *Agrotis ipsilon*: effect of instar, nematode species and nematode production method. *Pest Management Science*, v. 68, n. 6, 2012.

EBRAHIMI, L.; SHIRI, M. R.; DUNPHY, G. B. Efficacy of the Entomopathogenic Nematode, *Steinernema feltiae* Against the Vegetable Leaf Miner, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, v. 26, n. 2, p. 583-586, 2016.

FOBA, C. N., SALIFU, D., LAGAT, Z. O., GITONGA, L. M., AKUTSE, K. S., FIABOE, K. K. M. Species composition, distribution, and seasonal abundance of *Liriomyza* Leafminers (Diptera: Agromyzidae) under different vegetable production systems and agroecological zones in Kenya. *Environmental Entomology*, v. 44, n.2, p.223–232, 2015.

FOELKEL, E.; MONTEIRO, L. B.; VOSS, M. Virulence of nematodes against larvae of the south-American fruit fly in laboratory using soil from Porto Amazonas, Paraná, Brazil, as substrate. *Ciência Rural*, v. 46, n. 3, p. 405-410, 2016.

GAO, Y. REITZ, S., XING, Z., FERGUSON, S., LEI, Z. A decade of leafminer invasion in China: lessons learned. *Pest Management Science*, v. 73, n.9, p. 1775-1779, 2017.

GATHAGE, J. W. Prospects of fungal endophytes in the control of *Liriomyza* leafminer flies in common bean *Phaseolus vulgaris* under field conditions. *BioControl*, v.61, p. 741-753, 2016.

GAYATRI, B.; DURAIMURUGAN, P. Bio-efficacy of *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae) in oilseed crops. *Journal of Biological Control*, v. 33, n. 2, p. 169-172, 2019.

GENCSOYLU, I. Seasonal abundance; damage; and comparison of different heights, orientations, and directions of yellow sticky traps for sampling of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in cotton. **The Great Lakes Entomologist**, n. 1, v. 2, 2006.

GUIMARÃES, J. A.; AZEVEDO, S. R.; SOBRINHO, R. B.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações para o Manejo das Principais Pragas do Meloeiro na Região do Semi-Árido Nordestino**, Circular Técnica 24, 9p., 2005.

GUIMARÃES, J. A. MICHEREFF FILHO, M., OLIVEIRA, V., DE LIZ, R. S., ARAÚJO, E. **Biologia e Manejo de Mosca Minadora no Meloeiro**. Circular Técnica 77, 9p., 2009a.

GUIMARÃES, J. A., MICHEREFF FILHO, M., DE AZEVEDO, F. R., BRAGA SOBRINHO, R., ARAÚJO, E. Influência do período do dia na atividade de *Liriomyza trifolii* em meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 3278-3281, 2009b.

GUIMARÃES, J.A.; OLIVEIRA, V.R.; MICHEREFF, M.; LIZ, R.S. Ocorrência da mosca minadora sul-americana e seus himenópteros parasitoides em meloeiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 790-794, 2010.

GOMES, F. B., MORAES, J. C. D., SANTOS, C. D. D., GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 6, p. 547-551, nov./dez. 2005.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 18-23, 2009.

GÓRSKI, R. Effectiveness of natural essential oils in monitoring of the occurrence of pea Leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard) in gerbera crop. **Journal of Plant Protection Research**, v. 45, n. 4, p. 287-291, 2005.

HAFSI, A.; ABBES, K.; HARBI, A.; CHERMITI, B. Field efficacy of commercial food attractants for *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae) mass trapping and their impacts on non-target organisms in peach orchards. **Crop Protection**, v. 128, p. 1-8., 2020.

HARA, A. H.; KAYA, H. K.; GAUGLER, R.; LEBECK, L. M.; MELLO, C. L. Entomopathogenic nematodes for biological control of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). **Entomophaga**, v. 38, n. 3, p. 359-369, 1993.

HEAD, J.; WALTERS, K. F. A.; LANGTON, S. The compatibility of the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, and chemical insecticides for the control of the South American leafminer. *Liriomyza huidobrensis*. **Biocontrol**, v. 45, n. 3, p. 345-353, 2000.

HOSSAIN, M. B., POEHLING, H. M. Effects of a neembased insecticide on different immature life stages of the leafminer *Liriomyza sativae* on tomato. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 4, p. 360-369, ago. 2006.

JANKOWSKA, M.; ROGALSKA, J.; WYSZKOWSKA, J.; STANKIEWICZ, M. Molecular Targets for Components of Essential Oils in the Insect Nervous System—A Review. **Molecules**, v. 23, n. 34, p. 1-20, 2018.

KANG, L.; CHEN, B.; WEI, J. N.; LIU, T. X. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. **Annual Review of Entomology**, v. 54, p. 127–145, 2009.

- KIM, M.; LEE, H. Attractive Effects of American Serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), to Light-Emitting Diodes. **Journal of Insect Behaviour**, v. 27, p. 127-132, 2014.
- KIMBARIS, A.C.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; ANDRÉS, M.F.; VIDALI, V.P.; POLISSIOU, M.G.; SANTANA-MÉRIDAS, O. Biocidal compounds from *Mentha* sp. essential oils and their structure–activity relationships. **Chemistry e Biodiversity**, v.14, n. 3, p. 1-10, 2017.
- LANDOLT PJ, ADAMS T AND ROGG H. Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. **Journal of Applied Entomology**, v.136, p.148-154, 2012.
- LANZONI, A.; BAZZOCCHI, G. G.; BURGIO, G.; FIACCONI, M. R. Comparative life history of *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on beans: effect of temperature on development. **Environmental Entomology**, v. 31, n.5, p. 797-803, 2002.
- LARA, R. I.; PERIOTO, I. R.; SANTOS, N. W.; SELEGATTO, J. C. C.; LUCIANO, E. S. Avaliação de thiamethoxam 250wg no controle de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) e de sua seletividade sobre himenópteros parasitóides em cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, n. 3, p. 57-61, 2002.
- LASA R.; TADEO E. Invasive drosophilid pests *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Veracruz, Mexico. **Florida Entomology**, v. 98, p.987- 988, 2015.
- LEBECK, L. M.; GAUGLER, R.; KAYA, H. K.; HARA, A. H.; JOHNSON, M. W. Host stage suitability of the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapse* (Rhabditida: Steinernematidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 62, p. 58-63, 1993.
- LEE, D. H., PARK, J. J., CHO, K. Characterization of Leaf Mining Damage of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Cherry-Tomato Greenhouse. **Journal Asia-Pacific Entomology**, v. 7, n. 2, p. 201-205, 2004.
- LIU, T., KANG, L., HEINZ, M., TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 4, 16p., 2009.
- LOPES-FILHO, F. Tomate industrial no submédio São Francisco e as pragas que limitam sua produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 2, p.283-288, 1990.
- LÓPEZ, R.; CARMONA, D.; VINCINI, A. M.; MONTERUBBIANESI, G.; CALDIZ, D. Population dynamics and damage caused by the leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), on seven potato processing varieties grown in temperate environment. **Neotropical Entomology**, v.39, n. 1, p.108-114. 2010.
- MAGALHÃES, C. R. I.; OLIVEIRA, C. R. F.; MATOS, C. H. C.; BRITO, S. S. S.; MAGALHÃES, T. A.; FERRAZ, M. S. S. Potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4., p. 1150-1158, 2015.
- MANOUKIS, N. C.; HALL, B.; GEIB, S. M. A. Computer Model of Insect Traps in a Landscape. **Scientific Reports**, v. 4, n. 7015, 8p., 2014.
- MARTIN, A. D.; STANLEY-HORN, D.,; HALLETT, R. H. Adult host preference and larval performance of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on selected hosts. **Environmental Entomology**, v. 34, n. 5, p. 1170-1177, 2005a.

- MARTIN, A. D.; VERNON, R. S.; HALLETT, R. H. Influence of colour and trap height on capture of adult Pea Leafminer, *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae), in celery. **Journal of the Entomological Society of Ontario**, v. 136, p. 25-35, 2005b.
- MARTINS, J.; DOMINGOS, C.; NUNES, R.; GARCIA, A.; RAMOS, C.; MATEUS, C.; FIGUEIREDO, E. *Coenosia attenuata* (Diptera: Muscidae): um predador em estudo para utilização em culturas protegidas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, p. 229-235, 2012.
- MEAD, H. M.; EL-SHAFIEY, S. N.; SABRY, H. M. Chemical constituents and ovicidal effects of mahlab, *Prunus mahaleb* L. kernels oil on cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.) eggs. **Journal of Plant Protection Research**, v. 56, p. 279–290, 2016.
- MENEZES, E L. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Embrapa Agrobiologia, p. 58, 2005.
- MICHEREFF-FILHO, M. M., GUIMARÃES, J. A., DE MOURA, A. P., OLIVEIRA, V. R., DE LIZ, R. S. **Reconhecimento e controle de pragas da cebola**. Circular Técnica 110, Embrapa Hortaliças, 11p., 2012.
- MIGIRO, L. N. Effect of infection by *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) on the feeding and oviposition of the pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on different host plants. **Biological control**, v. 56, p. 179-183, 2011.
- MIGIRO, L. N.; MANIANIA, N. K.; CHABI-OLAYE, A.; VANDENBERG, J. Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) isolates to the adult pea leafminer (Diptera: Agromyzidae) and prospects of an autoinoculation device for infection in the field. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 2, p. 468-475, 2010.
- MOSSA, A. T. H. Green Pesticides: Essential Oils as Biopesticides in Insect-pest Management, **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 9, n. 5, p. 354-378, 2016.
- NAJMIZADEH, H.; AHMADI, K.; SALARI, A. Insecticidal activities of five plant derived chemicals on *Thrips tabaci* Lindeman. **Pharmacognosy Communication**, v.3, p.12–15, 2013.
- NAKANO, O.; SETTEN, M. L. As moscas minadoras das folhas das plantas. **Agroquímica**, v. 17, p. 7-12, 1982.
- NAKANO, O.; WIENDL, M.; MINAMI, K. Uma nova praga. **Revista de Agricultura de Piracicaba**, v. 67, n.1, p. 33-40, 1967.
- NUNES, G.H.D.S.; MEDEIROS, A.C.; ARAUJO, E.L.; NOGUEIRA, C.H.F.; SOMBRA, K.D.D.S. Resistance of melon accessions to leafminer *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 746–754, 2013.
- OLIVEIRA, A. C.; COSTA-LIMA, T. C.; SOUZA, A. V. V.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R. Essential oils activity from plants of the Brazilian Caatinga on the vegetable leafminer. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, n. 6, p. 1-8, 2020.
- OLIVEIRA, F. D. I., FIEGE, L. B., CELIN, E. F., INNECCO, R., NUNES, G. H., ARAGÃO, F. A. D. Screening of melon genotypes for resistance to vegetable leafminer and your

phenotypic correlations with colorimetry. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1155-1166, 2017.

OOTANI, M. A., AGUIAR, R. W., RAMOS, A. C. C., BRITO, D. R., SILVA, J. B. D., CAJAZEIRA, J. P. Use of Essential Oils in Agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n.2, p. 162–175, 2013.

PARISH, J. B.; CARVALHO, A. G.; RAMOS, R. S.; QUEIROZ, E. A.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; CORREA, A. S. Host range and genetic strains of leafminer flies (Diptera: Agromyzidae) in eastern Brazil reveal a new divergent clade of *Liriomyza sativae*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 19, p. 235-244, 2017.

PARK, J.; LEE, H. Phototactic behavioral response of agricultural insects and storedproduct insects to light-emitting diodes (LEDs). **Applied Biological Chemistry**, v. 60, n. 2, p. 137-144, 2017.

PARRELA, M. P., COSTAMAGNA, T. P., KASPI, R. The addition of potassium silicate to the fertilizer mix to suppress *Liriomyza* leafminers attacking chrysanthemums. **Acta Horticulturae**, v. 747, p. 365-370, 2007.

PARRELLA, M.P.; ALLEN, W.W.; MORISHITA, P. Leafminer species causes California mum growers new problems. **California Agriculture**, v. 35, n. 9-10, p. 28-30, 1981.

PARRELLA M. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, v. 32, p. 201-224. 1987.

PARRELLA, M.P.; JONES, V.P.; CHRISTIE, G.D. Feasibility of parasites for biológica control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on commercially grown chrysanthemum. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 3, p. 832-837, 1987.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends Plant Science**, v.21, p. 1000–1007, 2016.

PEREIRA, D.I.P.; SOUZA, J. C.; SANTA-CECILIA, L. V. C.; REIS, P. R., SOUZA; M. A. Parasitismo de larvas da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) pelo parasitoide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) na cultura da batata com faixas de feijoeiro intercaladas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 955-963, 2002.

PIRAS, A.; ROSA, A.; MARONGIU, B.; ATZERI, A.; DESSI, M. A.; FALCONIERI, D.; PORCEDDA, S. Extraction and separation of volatile and fixed oils from seeds of *Myristica fragrans* by supercritical CO₂: chemical composition and cytotoxic activity on Caco-2 cancer cells. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 4, p. 448-453, 2012.

POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; PAYE, H. D. S.; PEREIRA, V. A., BARROS; F. L., OLIVEIRA, R. G.; PASSOS, R. R.; MARTINS FILHO, S. Indução de resistência à Mosca minadora em crisântemo usando composto silicatado. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 240-243, 2008.

POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; PAYE, H. S.; PEREIRA, V. A.; BARROS, F. L. S.; OLIVEIRA, R. G. S.; PASSOS, R. R.; MARTINS FILHO, S. Indução de resistência à Mosca minadora em crisântemo usando composto silicatado. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p.240-243, 2008.

PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R. D.; PASTORI, P. L.; BUENO, R. C. O. D. F.; ZAGO, H. B. Incidência de mosca-minadora e insetos vetores em sistemas de manejo de pragas em tomateiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 607-614, 2015.

PRATISSOLI, D. **Uso racional e responsável dos agrotóxicos e métodos alternativos no manejo fitossanitário**. In: PRATISSOLI, D.; BRAGANÇA, R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, J. R.; THOMPSON, E. L.; DAMASCENA, A. P.; ARAÚJO JUNIOR, L. M. Agrotóxicos – uma abordagem técnica sobre o assunto. Unicopy, Alegre, 164p., 2019.

RAGA, A.; MACHADO, R. A.; DINARDO, W.; STRIKIS, P. C. Eficácia de atrativos alimentares na captura de moscas-das-frutas em pomar de citros. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 337-345, 2006.

RAVEAU, R.; FONTAINE, J.; SAHRAOUI, L. H. Essential Oils as Potential Alternative Biocontrol Products against Plant Pathogens and Weeds: A Review. **Foods**, v. 9, n. 365, p. 31, 2020.

REDDY, P. P. **Sustainable Crop Protection under Protect Cultivation**. 1ed. 326p., 2016.

REITZ, S. R., GAO, Y.; LEI, Z., **Insecticide use and the ecology of invasive *Liriomyza leafminer* management**. In: TRDAN, S. Insecticides – Development of Safer and More Effective Technologies., 2013.

ROCHA, L. I. R.; NOGUEIRA, C. H. F.; COSTA, E. M.; OLIVEIRA, J. J. D.; ARAUJO, E. L. Atratividade de substâncias alimentares sobre a mosca minadora *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) e ao seu parasitóide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 5, n. 5, p. 88-93, 2010.

ROSA, A.; MAXIA, A.; PUTZU, D.; ATZERI, A.; ERA, B.; FAIS, A.; SANNA, C.; PIRAS, A. Chemical composition of *Lycium europaeum* fruit oil obtained by supercritical CO₂ extraction and evaluation of its antioxidant activity, cytotoxicity and cell absorption. **Food Chemical**, v. 1, n. 230, p. 82-90, 2017.

ROSA, A.; PIRAS, A.; CARTA, G.; SOLARI, P.; CRNJAR, R.; MASALA, C. Evaluation of the attractant effect and lipid profile modulation of natural fixed oils on the medfly *Ceratitis capitata* (Wiedemann). **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 4, p. 1-17, 2018

ROSSETO, C. R.; MENDONÇA, N. T. A mosca minadora da melancia *Liriomyza langei*, Frick, 1951 (Diptera; Agromyzidae). **Bragantia**, n. 21, v. 27, p. 91-94, 1968.

SABINO, P. H. S.; MOINO JUNIOR, A.; ANDALÓ, V.; LIMA, L. M. Z.; FILGUEIRAS, C. C. Effects of insecticides on CO₂ release by entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) and development of their mutualistic bacteria. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 43, n. 1, p.38-40, 2017.

SALVO, A.; M. S.; FENOGLIO, M. S.; VIDELA, M. Parasitism of a leafminer in managed versus natural habitats. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 109, n. 3, p. 213-220, 2005.

SANTANA, O., ANDRÉS, M.F., SANZ, J., ERRAHMANI, N., ABDESLAM, L., GONZÁLEZCOLOMA, A. Valorization of essential oils from Moroccan aromatic plants. **Natural Product Communication**, v. 9, p.1109–1114, 2014.

- SANTOS, J. P., DAL SOGLIO, J. P., REDAELLI, F. K., FOELKEL, E. Levantamento e identificação de parasitóides de dípteros minadores em plantas de crescimento espontâneo em pomar orgânico de citros em Montenegro, RS, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 75, n. 3, p. 313-319, 2008.
- SCHEFFER, S., WINKLER, I. S., WIEGMANN, B. M. Phylogenetic relationships within the leaf-mining flies (Diptera: Agromyzidae) inferred from sequence data from multiple genes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 42, n. 3, p. 756-775, 2007.
- SCOZ, P. L.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; PASTORI, P. L. Avaliação de atrativos alimentares e armadilhas para o monitoramento de *Anastrepha fraterculus* (wiedemann, 1830) (diptera: tephritidae) na cultura do pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsh). **Idesia**, v. 24, n. 2, p. 7-13, 2006.
- SILVA, F. G. Óleo de nim aplicado via irrigação no controle da mosca minadora em meloeiro. **Agropecuária científica no semiárido**, v.11, n. 2, p. 122-126, 2015.
- SILVA, I. W.; RIBEIRO, L.; GORRI, J., ALVES, F.; FERNANDES, F. First report on the leafminer fly *Lyriomiza trifolii* (Diptera:Agromizydae) attacking coffee plantations. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 262 - 265, 2015.
- SOARES, W. S.; FERNANDES, W. E. S.; SILVA, B. K. R.; PLATA-RUEDA, A.; FERNANDES, F. L. First record of occurrence and damage of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) in *Allium sativum* L. in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, n. 3, p. 1-2, 2020.
- SPENCER, K. A.; STEYSKAL, G. C. **Manual of the Agromyzidae (Diptera) of the United States**. Agriculture Handbook, 638, 478 p., 1986. Disponível em: <<https://archive.org/details/ManualAgromyzid638Spen/page/14>>. Acesso em 06/06/2019.
- TYRON, E. H.; POE, S. L.; CROMROY, H. L. Dispersal of vegetable leafminer onto a transplanted production range. **Florida Entomologist**, v. 63, n.3, p. 292-296, 1980.
- WATANABE, M. A.; FERRAZ, J.; TAMBASCO, F.; SILOTO, R. Parasitismo em pupários de *Liriomyza* spp. em tomateiro na região de Guaira-SP. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 108-110, 1992.
- WEINTRAUB, P. G.; SCHEFFER, S. J.; VISSER, D.; VALLADARES, G.; SOARES CORREA, A.; SHEPARD, B. M.; RAUF, A.; MURPHY, S. T.; MUJICA, M.; MACVEAN, C.; KROSCHER, J.; KISHINEVSKY, M.; JOSHI, R. C.; JOHANSEN, N. S.; HALLETT, R. H.; CIVELEK, H. S.; CHEN, B.; METZLER, H. B. The Invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): Understanding Its Pest Status and Management Globally. **Journal of Insect Science**, v.17, n. 1, p. 1-27, 2017.
- WILLIAMS, E. C.; WALTERS, K. F. A. Foliar Application of the Entomopathogenic Nematode *Steinernema feltiae* Against Leafminers on Vegetables. **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 61-70, 2000.
- WOLTZ, J. M.; DONAHUE, K. M.; BRUCK, D. J.; LEE, J. C. Efficacy of commercially available predators, nematodes and fungal entomopathogens for augmentative control of *Drosophila suzukii*. **Journal Of Applied Entomology**, v. 139, n. 10, p. 759-770, 2015.
- YANO, E. Recent Development of Biological Control and IPM in Greenhouses in Japan. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 7, n. 1, p. 5-11, 2004.

YILDIRIM, E. M.; ÜNAY, A; CIVELEK, H. S. The effect of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on some leaf characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 8, n. 3, p. 839-841, 2010.

ZHANG, R.; YU, D.; ZHOU, C. Effects of temperature on certain population parameters of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera : Agromyzidae). **Entomologia Sinica**, v. 7, n. 2, p. 185-192, 2000.

2 CAPITULO II

Atratividade de formulações sobre adultos de *Liriomyza sativae* (Diptera:Agromyzidae) em laboratório

RESUMO

As moscas minadoras são espécies pertencentes ao gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) e possuem grande espectro de hospedeiros. A principal tática de controle para essa espécie é mediante a aplicação de defensivos agrícolas. Diante disso, o objetivo do trabalho foi estudar atratividade de formulações contendo substâncias atrativas à adultos de *Liriomyza sativae*. As formulações foram divididas em dois grupos de acordo com sua composição. Para o grupo 1, foram selecionadas formulações à base de vinagres e açúcares e para o grupo 2, formulações à base de melaço, açúcar invertido, proteína hidrolisada e eugenol. Para a avaliação da atratividade com chance de escolha, as formulações foram acondicionadas em recipientes de plástico em formato de tubo e dispostos aleatoriamente em gaiolas de TNT e posteriormente foram liberados 200 adultos. Para a avaliação de escolha binária, cada uma das formulações foi combinada com a água e liberados 120 adultos no centro da gaiola. As avaliações foram realizadas a cada 48 horas por meio da contagem do número de adultos nos recipientes até que houvesse um valor baixo de captura. As formulações com os melhores resultados foram comparadas e avaliadas quanto à redução de injúrias em plantas de feijão de porco. A metodologia utilizada para esses bioensaios foi semelhante à dos bioensaios anteriores. As avaliações foram realizadas após 24 por meio da contagem do número de puncturas nas folhas e do número de adultos capturados em cada formulação. Após 4 dias foi avaliado o número de larvas presentes nas folhas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Scott Knott a 5% de significância. Todas as formulações testadas apresentaram atratividade à adultos de *L. sativae*, com destaque para a formulação contendo vinagre de banana, melaço e ácido cítrico (grupo 1) com maior média de 55,6 adultos e a contendo açúcar invertido, melaço, proteína hidrolisada e ácido cítrico (grupo 2) com a maior média de 68,0 adultos, ambas na segunda avaliação. Ao longo do tempo, todas as formulações apresentaram redução na captura. As duas formulações reduziram em média 60% de injúrias nas plantas de feijão e a formulação que continha vinagre de banana, melaço e ácido cítrico foi mais promissora na captura de adultos de *L. sativae*. As formulações à base de vinagre de banana, melaço e ácido cítrico e melaço, açúcar invertido, proteína hidrolisada e ácido cítrico são atrativas para adultos de *L. sativae*, cujo uso pode otimizar o manejo dessa espécie praga.

Palavras chave: Mosca minadora. Substâncias atrativas. Manejo integrado.

Attractiveness of formulations on adult leafminers in the laboratory

ABSTRACT

The leafminers are species belonging to the genus *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae), have polyphagous habit and a large spectrum of hosts. These species cause significant damage due to their development in the leaf mesophyll, resulting in loss of leaves and reduction in the photosynthetic rate of the plant. The main control tactic of this species occurs through the application of pesticides, which have several obstacles. The present study evaluated the attractiveness of formulations containing different substances attractive to adults of *Liriomyza sativae*. The attractive formulations were divided into two groups according to their composition. For the attractiveness with a choice test, they were placed in plastic containers in the shape of a tube and arranged in wire support at random on the top of TNT cages. Subsequently, 200 adults were released. For the no-choice test, each of the tested formulations was combined with water (control) and 120 adults were released. To evaluate the reduction of injuries in plants in the presence of the attractions, the same methodology of the choice test and no choice test was used. The evaluations were carried out every 48 hours by counting the number of adults in the containers. The design used was entirely random, with 10 repetitions. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the Scott Knott test at 5% significance. A completely randomized design was used, with 10 repetitions. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the Scott Knott test at 5% significance. All tested formulations were attractive to adults of *L. sativae*, with emphasis on the formulation containing banana vinegar, molasses and citric acid (group 1) with a higher average of 55.6 adults and containing inverted sugar, molasses, hydrolyzed protein and acid citrus (group 2) with the highest average of 68.0 adults, both in the second evaluation. Over time, all formulations showed a reduction in capture capacity. In the presence of the attractions there was an average reduction of 60% in the number of larvae present in the leaves. In the comparison between the two formulations with the best result, the one that contained banana vinegar, molasses and citric acid was highlighted, although they were similar in certain evaluations. It is concluded that the tested formulations are attractive to adults of *L. sativae*, whose use can optimize the management of this pest species.

Keywords: Leafminer. Food lures. Integrated management.

2.1 INTRODUÇÃO

A mosca minadora (*Liriomyza sativae* Blanchard, 1938) (Diptera: Agromyzidae) é uma praga polífaga que se alimenta e desenvolve entre a epiderme inferior e superior das folhas (LIU et al., 2015). O uso excessivo de inseticidas sintéticos pode ser considerada, atualmente, a principal tática de manejo para essa espécie cuja eficácia tem sido reduzida devido a problemas de genótipos resistentes (FENOGLIO et al., 2019) e de redução da população de inimigos naturais, como os parasitoides (RIDLAND, et al., 2020). Dessa forma, a implementação de um programa de manejo integrado, com a inclusão de estratégias que reduzam as aplicações de inseticidas sintéticos são de importância econômica e ambiental (WEDDLE et al., 2009; TAKEDA et al., 2020).

O uso de estimulantes alimentares tem sido aplicado no manejo de insetos praga, como armadilhas contendo atrativos para captura dos insetos adultos (NASCIMENTO et al., 2000; FRANÇA et al., 2009; CLOONAN et al., 2019), o que contribui para a redução da população do inseto praga. As substâncias presentes nos atrativos estimulam os quimiorreceptores presentes principalmente nas antenas e tarsos dos insetos e os induzem a mudança de comportamento e deslocamento em direção à essas substâncias para oviposição e alimentação (NATION, 2002). Dessa forma, os insetos adultos são atraídos e permanecem presos nas armadilhas (NAVARRO-LLPPIS, et al., 2015).

Geralmente, os elementos presentes nos atrativos são substâncias nutritivas das plantas ou compostos provenientes do metabolismo secundários como fenóis, glicosídeos e alcaloides, além de substâncias nitrogenadas como aminoácidos e peptídeos (BATEMAN; MORTON, 1981; KONG et al., 2020).

Diversos produtos têm sido utilizados como atrativos para captura dos insetos. As substâncias fermentadas como vinagre, vinho, frutas e leveduras em fermentação são utilizadas como atrativos para diversos grupos, incluindo os dípteros (LAAKSONEN et al., 2006; CHA et al., 2015). Soluções açucaradas a base de açúcar branco e açúcar mascavo também são utilizados para a captura de espécies de dípteros, como mosca das frutas. O melaço é considerado outra substância açucarada utilizada para captura de insetos adultos (QUINN et al., 2007; ARAUJO et al., 2008; UPAKUT et al., 2017; STUPP et al., 2021). Além dos produtos fermentados e das substâncias açucaradas, as proteínas hidrolisadas também são amplamente utilizadas, as quais são encontradas comercialmente como produto atrativo para utilização em armadilhas (LANG SCOZ et al., 2006; RAGA; VIEIRA, 2015). Quanto ao

uso dessas substâncias, as mesmas podem ser utilizadas individualmente ou em combinação (CANDIA et al., 2019).

O intuito de se utilizar armadilhas contendo atrativos no manejo de pragas é a captura massal do maior número de insetos possíveis capazes de se reproduzir e ocasionar danos econômicos nos cultivos. Essa redução do número de insetos praga está relacionada à capacidade do atrativo utilizado em ser mais atraente em comparação aos recursos alimentares oferecidos pelas plantas e a eficiência da armadilha em capturar o inseto e impedir sua fuga, seja por afogamento ou inanição (LASA et al., 2014). Além da função de captura massal, os atrativos desempenham função de monitoramento da flutuação populacional da praga, cuja atividade é fundamental para um manejo eficaz (LASA et al., 2017). Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a atratividade de formulações contendo substâncias atrativas à adultos de *L. sativae*, seu efeito ao longo do tempo e as injúrias ocasionadas nas plantas na presença das formulações atrativas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados no laboratório de Entomologia do Núcleo de desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI) no Campus de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da UFES, em Alegre -ES.

2.2.1 Obtenção dos insetos

Os adultos de *L. sativae* foram provenientes de coletas realizadas em cultivos comerciais de tomateiro em Piaçu – Muniz Freire, ES. A identificação dos exemplares para confirmação da espécie foi realizada mediante às técnicas morfológicas e moleculares pela Dra. Viviane Rodrigues de Sousa, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

A manutenção da criação em laboratório foi realizada em plantas de feijão de porco (*Carnivalia ensiformis*) com 15 dias de idade, cultivadas em copos plásticos (200mL) contendo substrato para plantio. As plantas foram colocadas em gaiolas de madeira (50cm x 40cm x 30cm) contendo os adultos de *L. sativae* e solução de mel a 10% v/v, durante o período de 24 horas. Após esse período, as plantas foram retiradas das gaiolas e acondicionadas em bandejas plásticas por cinco dias até o desenvolvimento das larvas. Posteriormente, as folhas foram cortadas e penduradas em fios de arame presos à prateleira de ferro sob bandejas plásticas, durante o período de seis dias, até que a maioria

das larvas se transformassem em pupas. As pupas foram coletadas das bandejas com auxílio de pincel, dispostas em placas de Petri (9cm Ø) e vedadas com plástico filme PVC até a emergência dos adultos cujo período é em média de oito dias. Os insetos foram mantidos em todo o ciclo sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 10\%$.

2.2.2 Atratividade de substâncias com chance de escolha

As formulações utilizadas para a atratividade de adultos de *L. sativae* foram separadas em dois grupos de acordo com os componentes presentes em diferentes concentrações em cada um dos atrativos. O primeiro grupo foi composto por formulações à base de vinagre de banana, melaço e ácido cítrico e o segundo foi constituído por melaço, açúcar invertido, ácido cítrico, proteína hidrolisada e um poliálcool de frutas (Sorbitol) com o intuito de dar estabilidade à formulação. Para cada grupo de atrativos foi realizado teste com chance de escolha e de escolha binária.

As concentrações em % v/v das substâncias presentes em cada uma das formulações de cada um dos grupos foram:

Grupo 1

T1: água destilada 100%

P1: vinagre de banana 10% + melaço 10% + ácido cítrico 0,5%

P2: vinagre de banana 10% + açúcar cristal 10% + ácido cítrico, 0,5%

P3: vinagre de banana 10% + açúcar mascavo 10% + ácido cítrico, 0,5%

P4: vinagre de arroz 10% + melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

P5: vinagre de maçã 10% + melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

Grupo 2

T1: água destilada 100%

P2: açúcar invertido 3%, melaço 5%, eugenol 0,5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%, sorbitol 0,5%

P3: açúcar invertido 3%, melaço 5%, eugenol 0,5%, ácido cítrico 0,5%, sorbitol 0,5%

P4: açúcar invertido 3%, melaço 5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%

P5: açúcar invertido 3%, melaço 5%, ácido cítrico 0,5%

A escolha das substâncias utilizadas foi de acordo com a literatura baseada em testes com outros grupos de insetos, principalmente dípteros. Os componentes e as concentrações

utilizadas em cada formulação foram de acordo com testes preliminares realizados com cada um dos produtos separadamente.

Para a avaliação da atratividade com chance de escolha, a metodologia adotada foi de acordo com Niogret e Epsky (2018) com adaptações, em que foram acondicionados 14 mL de cada uma das formulações em recipientes de plástico em formato de tubo (8,5 x 3,0cm), contendo um orifício de 0,5cm para entrada dos adultos (Figura 1A). Posteriormente, os tubos contendo cada um dos tratamentos foram colocados aleatoriamente, formando uma arena, (Figura 1B) em gaiolas cilíndricas (1m x 0,5m) confeccionadas em tecido não tecido (TNT) e armação de arame, com base de papelão (Figura 1C). Para a comparação da atratividade, foi acondicionado em uma das gaiolas, 14 mL de água destilada nos recipientes plásticos como testemunha. Os adultos de *L. sativae* utilizados no experimento foram separados previamente através da contagem de 200 pupas proveniente da mesma geração para cada repetição (Figura 1D). Além dos adultos utilizados no experimento, foram separados lotes com 100 adultos para verificação da viabilidade das pupas e a razão sexual. Após a emergência, os adultos foram liberados no centro das gaiolas contendo uma planta de feijão de porco.



Figura 1 Bioensaio de atratividade de substâncias sobre adultos de *Liriomyza sativae*.(A) recipientes de plástico em formato de tubo (8,5 x 3,0m), contendo um orifício de 0,5 cm para entrada dos adultos, (B) arena formada pelos tubos plásticos contendo substâncias atrativas, (C) em gaiolas cilíndricas (1m x 0,5m) confeccionadas em tecido não tecido (TNT), (D) pupas de *L. sativae* separadas em lotes de 200 unidades.

As avaliações foram realizadas a cada 48 horas através da contagem do número de adultos em cada um dos recipientes plásticos (Figura 2) e reposição do mesmo número de adultos liberados inicialmente. A escolha de 48 horas para a avaliação se deu devido à necessidade de tempo para que os adultos de *L. sativae* realizassem os primeiros voos após emergirem. A condução do experimento se deu ao longo do tempo, com avaliações realizadas até o período em que foi observada uma taxa mínima de captura dos adultos, considerada a partir da observação de adultos livres nas gaiolas.



Figura 2 Adultos de *Liriomyza sativae* capturados em tubos plásticos contendo substâncias atrativas

Os experimentos foram conduzidos em parcelas subdivididas no tempo com delineamento inteiramente casualizado e 10 repetições. Para o grupo 1, foi utilizado o fatorial (6 x 6), cinco formulações e a testemunha analisados em seis avaliações (I, II, III, IV, V e VI). Para o grupo 2, foi utilizado o fatorial (5 x 7), quatro formulações e a testemunha analisados em sete avaliações (I, II, III, IV, V, VI e VII). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

2.2.3 Atratividade de substâncias com escolha binária

O bioensaio de escolha binária foi de acordo com a metodologia de Candia et al. (2019) com adaptações, realizado semelhante ao teste com chance de escolha, porém cada tratamento e a respectiva testemunha foram combinados em gaiolas separadas, ou seja, em cada gaiola haviam dois tubos um com o tratamento e outro com a testemunha. Da mesma forma, no centro da gaiola foram liberados 120 adultos separados previamente, cuja viabilidade e razão sexual foram verificadas.

As avaliações foram realizadas semelhante à metodologia de atratividade com chance de escolha.

Os experimentos foram realizados em parcela subdividida no tempo com delineamento inteiramente casualizado (DIC) e 10 repetições. Para o grupo 1, os dados foram analisados em cinco fatoriais (2 x 6), correspondente aos cinco tratamentos com as respectivas testemunhas e seis avaliações. Para o grupo 2, foi utilizado quatro fatoriais (2 x 7), correspondente aos quatro tratamentos com as respectivas testemunhas e sete avaliações.

Para o grupo 1, os dados foram analisados em cinco fatoriais (2 x 6), correspondente aos cinco tratamentos com as respectivas testemunhas e seis avaliações. Para o outro grupo, foram utilizados quatro fatoriais (2 x 7), correspondente aos quatro tratamentos com as respectivas testemunhas e sete avaliações. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

2.2.3 Avaliação da atratividade entre machos e fêmeas de *Liriomyza sativae*

A partir do experimento de escolha binária, foram selecionadas aleatoriamente seis amostras de cada um dos grupos para a avaliação da captura do número de adultos machos e fêmeas de *L. sativae* nas formulações. Para o grupo 1, os dados foram analisados em cinco fatoriais (2 x 6) de sexagem, correspondendo aos cinco tratamentos, dois sexos (F e M) e seis avaliações. Para o grupo 2, os dados foram analisados em em quatro fatoriais (2 x 6) de sexagem, correspondendo aos quatro tratamentos, dois sexos (F e M) e sete avaliações. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

2.2.4 Comparação entre as formulações mais atrativas de cada um dos grupos

De acordo com os resultados obtidos nos experimentos de atratividade com os grupos de atrativos 1 e 2, os tratamentos que se mostraram mais eficientes foram selecionados e comparados entre si.

O experimento foi baseado na metodologia utilizada para os testes de atratividade com chance de escolha, com a liberação de 120 adultos de *L. sativae* no centro de cada gaiola.

Os experimentos foram conduzidos em parcela subdividida no tempo com delineamento inteiramente casualizado (DIC) e 10 repetições. No experimento foi utilizado o fatorial (3 x 8), duas formulações, uma testemunha e oito avaliações (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII). Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

2.2.5 Avaliação de injúrias de *Liriomyza sativae* em plantas de feijão de porco na presença de atrativos

As formulações utilizadas no teste de comparação entre as formulações mais atrativas de cada um dos grupos foram colocadas em gaiolas separadas contendo plantas de feijão de porco e avaliado o efeito da presença dos atrativos para captura de adultos de *L. sativae* em relação às injúrias ocasionadas nas plantas.

O experimento foi realizado de acordo com metodologia utilizada para os testes de atratividade com chance de escolha e escolha binária, porém em cada uma das gaiolas continha uma planta de feijão de porco combinada com a formulação mais atrativa de cada um dos grupos e a testemunha. Em cada uma das gaiolas foram liberados 40 adultos com 4 a 6 dias de vida. A idade utilizada para os adultos correspondeu ao período de maior taxa de oviposição de fêmeas de *L. sativae* (COSTA LIMA; GEREMIAS; PARRA, 2010).

Após 24 horas as plantas de feijão de porco foram retiradas das gaiolas e foi feita a contagem de puncturas em cada folha. Posteriormente as plantas foram mantidas em câmara climatizada sob temperatura de $25 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 10\%$. Após quatro dias foi feita a contagem do número de larvas em cada uma das folhas.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e seis repetições. Cada repetição foi composta por quatro folhas de feijão de porco. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, no software estatístico R (R Development Core Team, 2019).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Atrativos grupo 1

2.3.1.1 Experimento com chance de escolha

A interação entre os fatores formulações atrativas (produtos) x avaliação (número de avaliações) para o grupo de atrativos 1 foi significativa ($F_{25,359} = 37,16$; $p < 0,001$) (Tabela 1).

No experimento com chance de escolha, o P1 apresentou os maiores valores de números de insetos nas avaliações I e II com $47,00 \pm 6,83$ ($F_{5,322} = 154,67$; $p < 0,001$) e $55,60 \pm 5,56$ ($F_{5,322} = 216,55$; $p < 0,001$), respectivamente em comparação as outras formulações. O P1 e P3 apresentaram os maiores números de insetos capturados com $38,10 \pm 9,80$ e $34,20 \pm 7,11$ ($F_{5,322} = 116,23$; $p < 0,001$) na avaliação III e $24,80 \pm 3,01$ e $23,50 \pm 6,65$ ($F_{5,322} = 51,19$; $p < 0,001$) na avaliação IV. Na avaliação V, o P1 e P5 capturaram as maiores médias de insetos com valores referentes a $12,50 \pm 2,27$ e $14,00 \pm 2,26$ ($F_{5,322} = 15,10$; $p < 0,001$), respectivamente. Na última avaliação (VI) os maiores valores foram observados no P5 com média de $11,80 \pm 2,44$ ($F_{5,322} = 9,66$; $p < 0,001$) insetos capturados (Tabela 1).

Tabela 1 Número médio de adultos de *Liriomyza sativae* capturados a cada 48 horas em formulações atrativas (grupo 1) em laboratório com chance de escolha sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $\text{UR}60 \pm 10\%$.

Avaliação ¹	T ²	Formulações					—
		P1 ³	P2 ⁴	P3 ⁵	P4 ⁶	P5 ⁷	
Número médio de insetos							
I	0,00±0,00Fa*	47,00±6,83Ab	34,10±4,20Ca	42,90±6,24Ba	21,10±5,34Da	16,80±4,05Ea	
II	0,10±0,32Ea	55,60±5,56Aa	37,10±4,04Ca	44,70±7,45Ba	16,10±6,28Db	15,50±3,98Da	
III	0,10±0,32Ea	38,10±9,80Ac	29,30±5,93Bb	34,20±7,11Ab	8,70±6,55Dc	13,40±3,24Ca	
IV	0,10±0,32Ca	24,80±3,01Ad	13,30±3,56Bc	23,50±6,65Ac	2,89±2,09Cd	14,40±2,01Ba	
V	0,30±0,67Ca	12,50±2,27Ae	7,90±4,47Bd	7,20±5,90Bd	2,30±1,33Cd	14,00±2,26Aa	
VI	0,30±0,95Ca	7,40±3,17Bf	3,30±4,29Ce	2,40±1,58Ce	0,87±1,12Cd	11,80±2,44Aa	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

¹ = avaliações a cada 48 horas

²T = testemunha

³P1 = Vinagre de banana 10% + Melaço 10% + ácido cítrico 0,5%

⁴P2 = Vinagre de banana 10% + Açúcar branco 10% + ácido cítrico, 0,5%

⁵P3 = Vinagre de banana 10% + Açúcar mascavo 10% + ácido cítrico, 0,5%

⁶P4 = Vinagre de arroz 10% + Melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

⁷P5 = Vinagre de maçã 10% + Melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

Ao longo de todas as avaliações não houve diferença nos valores de insetos capturados na testemunha ($F_{5,270} = 0,007$; $p = 0,99$) e P5 ($F_{5,270} = 1,50$; $p = 0,189$). A avaliação II apresentou o maior número de insetos capturados ($55,60 \pm 5,56$) para P1 em comparação as demais ($F_{5,270} = 187,14$; $p < 0,001$). Para P2 as maiores médias de insetos capturados foram na avaliação I com $34,10 \pm 4,20$ e na II com $37,10 \pm 4,04$ ($F_{5,270} = 105,62$; $p < 0,001$) assim como para P3 nas mesmas avaliações com $42,90 \pm 6,24$ e $44,70 \pm 7,45$ ($F_{5,270} = 163,84$; $p < 0,001$), respectivamente. Para P4 o maior número de insetos capturados foi na avaliação I ($F_{5,270} = 35,76$; $p < 0,001$) (Tabela 1).

A formulação P1 destacou-se em relação aos demais, seguido dos atrativos P3, P2, P4 e P5. Durante todo o período as formulações reduziram sua capacidade atrativa, mantendo-se apenas para P5, que apesar de não atrair muitos indivíduos manteve-se estável durante todas as avaliações (Tabela 1).

2.3.1.2 Experimento com escolha binária

Quanto aos experimentos de escolha binária, todas as formulações testadas favoreceram a atração de adultos de *L. sativae*, pois diferiram dos valores apresentados pela testemunha.

O fatorial 1 apresentou interação significativa ($F_{5; 119} = 30,88$; $p < 0,001$). O P1 diferiu da testemunha (T1) em todas as avaliações realizadas. As avaliações I e II diferiram da demais com os maiores valores de $74,80 \pm 3,19$ e $68,80 \pm 2,45$ ($F_{5; 90} = 61,17$; $p < 0,001$), respectivamente. Na testemunha (T1), as avaliações não diferiram significativamente ($F_{5; 90} = 0,010$; $p = 0,99$) (Tabela 2).

O fatorial 2 apresentou interação significativa ($F_{5; 119} = 139,56$; $p < 0,001$). O P2 diferiu da testemunha (T2) em todas as avaliações realizadas. A avaliação I diferiu-se das demais com o maior valor ($34,20 \pm 3,83$) em P2 ($F_{5; 90} = 277,61$; $p < 0$). Na testemunha (T2), as avaliações não diferiram significativamente ($F_{5; 119} = 0,101$; $p = 0,99$) (Tabela 2).

A interação foi significativa para o fatorial 3 ($F_{5; 119} = 52,75$; $p < 0,001$). O P3 diferiu da testemunha (T3) em todas as avaliações realizadas. As avaliações I e II diferiram das demais com os maiores valores ($60,70 \pm 8,65$ e $56,70 \pm 5,27$) ($F_{5; 90} = 106,21$; $p < 0,001$). Na testemunha (T3), as avaliações não diferiram significativamente ($F_{5; 90} = 0,010$; $p = 0,99$) (Tabela 2).

Houve interação significativa para o fatorial 4 ($F_{5; 119} = 58,03$; $p < 0,001$). O P4 diferiu da testemunha (T4) em todas as avaliações realizadas. As avaliações I e II diferiram das demais com os maiores valores ($23,40 \pm 4,29$ e $22,70 \pm 3,62$) ($F_{5; 90} = 117,78$; $p < 0,001$). Na testemunha (T4), as avaliações não diferiram significativamente ($F_{5; 90} = 0,303$; $p = 0,90$) (Tabela 2).

Tabela 2 Formulações versus testemunha (PXT) em relação ao número médio de adultos de *Liriomyza sativae* capturados a cada 48 horas em formulações atrativas (grupo 1) em laboratório combinados com água sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR $60 \pm 10\%$.

PXT	Avaliação ¹					
	I	II	III	IV	V	VI
Número médio de insetos						
Fatorial 1						
P1 ²	74,80±3,19Aa*	68,80±2,45Aa	45,20±4,58Ab	47,30±6,53Ab	30,50±3,50Ac	16,50±3,31Ad
T1	0,90±0,99 Ba	0,10±0,32 Ba	0,86±0,38 Ba	0,60±0,70 Ba	0,60±0,70 Ba	0,90±0,03 Ba
Fatorial 2						
P2 ³	34,20±3,83Aa	30,60±3,27Ab	23,80±2,8Ac	18,50±2,59Ad	11,50±2,17Ae	5,00±2,45Af
T2	0,40±0,70 Ba	0,90±0,57 Ba	0,30±0,48 Ba	0,60±0,70 Ba	0,70±0,67 Ba	0,60±0,84 Ba
Fatorial 3						
P3 ⁴	60,70±8,65 Aa	56,70±5,27Aa	46,40±5,40Ab	33,00±2,80Ac	21,80±3,29Ad	11,20±2,39Ae
T3	0,70±0,82 Ba	0,70±0,82 Ba	0,60±0,50 Ba	0,70±0,70 Ba	0,90±0,87 Ba	0,30±0,48 Ba
Fatorial 4						
P4 ⁵	23,40±4,29 Aa	22,70±3,62Aa	14,70±2,31Ab	8,50±1,58Ac	7,50±2,22Ac	8,50±2,46Ac
T4	1,30±1,34 Ba	0,50±0,97 Ba	0,50±0,70 Ba	0,90±0,10 Ba	0,40±0,52 Ba	1,10±0,87 Ba
Fatorial 5						
P5 ⁶	13,60±4,83 Aa	12,90±6,26Aa	8,40±2,99Ab	4,70±2,71Ac	3,40±1,90Ac	3,80±1,93Ac
T5	0,80±0,63 Ba	0,30±0,48 Ba	1,00±1,15 Ba	0,70±0,82 Ba	0,30±0,48 Ba	0,70±0,82 Ba

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste F e Scott Knott, respectivamente.

¹ = avaliações a cada 48 horas

T = testemunha

²P1 = Vinagre de banana 10% + Melaço 10% + ácido cítrico 0,5%;

³P2 = Vinagre de banana 10% + Açúcar branco 10% + ácido cítrico, 0,5%;

⁴P3 = Vinagre de banana 10% + Açúcar mascavo 10% + ácido cítrico, 0,5%

⁵P4 = Vinagre de arroz 10% + Melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

⁶P5 = Vinagre de maçã 10% + Melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

O fatorial 5 apresentou interação significativa ($F_{5; 119} = 18,14$; $p < 0,001$). O P5 diferiu da testemunha (T5) em todas as avaliações. As avaliações I e II diferiram das demais com os maiores valores ($13,60 \pm 4,83$ e $12,90 \pm 6,26$) ($F_{5; 90} = 117,78$; $p < 0,001$). Na testemunha (T5), as avaliações não diferiram significativamente ($F_{5; 90} = 0,136$; $p = 0,909$) (Tabela 2).

Todas as formulações foram atrativas pois diferenciaram estatisticamente da testemunha. Ao longo do tempo, houve redução da atratividade para todas as formulações avaliadas com exceção para a testemunha (Tabela 2).

2.3.1.3 Sexagem

Nos resultados relacionados à sexagem dos adultos capturados em cada um dos tratamentos, para o fatorial 1 (P1) não houve interação significativa entre os fatores sexo e avaliação ($F_{5;71} = 1,75$; $p = 0,14$). O número de fêmeas não diferiu, significativamente, do número de machos nas seis avaliações ($F_{1;10} = 2,36$; $p = 0,155$). As avaliações I, II e III diferiram significativamente com o maior valor de insetos capturados, das demais avaliações em número de fêmeas ($35,50 \pm 8,01$, $37,50 \pm 9,09$ e $33,70 \pm 2,53$, respectivamente) e machos ($39,30 \pm 8,10$, $32,50 \pm 8,16$ e $29,50 \pm 3,08$, respectivamente) ($F_{5; 50} = 36,70$; $p < 0,001$) (Tabela 3).

Tabela 3 Número médio de machos (M) e fêmeas (F) de *Liriomyza sativae* capturados em formulações atrativas (grupo 1) em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $\text{UR}60 \pm 10\%$.

		Avaliação ¹						
Sexo	I	II	III	IV	V	VI	Média	
Número médio de insetos								
Fatorial 1 (P1 ²)								
F	35,50±8,01	37,50±9,09	33,70±2,53	19,00±6,00	13,17±1,83	3,00±1,67	24,36	
M	39,30±8,10	32,50±8,16	29,50±3,08	28,00±3,00	17,33±0,75	4,50±4,55	26,12	
Média	37,41 a*	35,00 a	31,58 a	23,33 b	15,25 c	8,90 d		
Fatorial 2 (P2 ³)								
F	15,80±2,10	15,20±3,50	12,50±1,50	5,83±2,64	11,20±4,50	3,33±2,94	9,96	
M	19,20±4,10	15,50±2,10	12,50±2,80	9,00±0,89	8,00±5,21	8,00±3,03	11,19	
Média	17,50 a	15,33 a	12,50 b	9,58 c	5,66 d	2,90 e		
Fatorial 3 (P3 ⁴)								
F	30,20±8,30	23,70±9,10	21,70±5,60	12,30±3,90	8,17±3,54	3,00±2,55	16,50B*	
M	29,83±3,87	32,70±5,60	29,80±4,90	21,00±2,60	13,00±5,06	8,60±3,58	22,48A	
Média	30,00 a	28,16 a	25,75 a	16,66 b	10,58 c	5,80 d		
Fatorial 4 (P4 ⁵)								
F	8,70±4,40	9,20±3,10	6,50±3,70	3,30±1,20	2,67±1,03	4,40±1,34	5,78B	
M	13,83±1,17	14,70±3,30	8,50±2,80	5,67±1,21	4,50±1,05	5,17±1,67	8,76A	
Média	11,91 a	11,25 a	7,50 b	4,90 c	4,50 c	3,58 c		
Fatorial 5 (P5 ⁶)								
F	6,20±2,00	5,00±3,00	3,30±2,30	2,20±1,70	1,67±1,03	1,00±1,00	3,22	
M	8,50±3,27	6,80±3,30	5,00±1,10	2,50±1,04	2,17±1,47	2,60±1,52	4,60	
Média	7,33 a	5,91 a	4,16 b	2,33 c	1,91 c	1,80 c		

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste F e Scott Knott, respectivamente.

¹ = avaliações a cada 48 horas

P1² = Vinagre de banana 10% + Melaço 10% + ácido cítrico 0,5%

P2³ = Vinagre de banana 10% + Açúcar branco 10% + ácido cítrico, 0,5%

P3⁴ = Vinagre de banana 10% + Açúcar mascavo 10% + ácido cítrico, 0,5%

P4⁵ = Vinagre de arroz 10% + Melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

P5⁶ = Vinagre de maçã 10% + Melaço 10% + ácido cítrico, 0,5%

O Fatorial 2 (P2) não apresentou interação significativa entre os fatores sexo e avaliação ($F_{5;71} = 2,24$; $p = 0,06$). O número de fêmeas não diferiu, significativamente, do número de macho nas seis avaliações ($F_{1;10} = 4,19$; $p = 0,06$). As avaliações I e II diferiram significativamente com o maior valor de insetos capturados, das demais avaliações em número de fêmeas ($15,80 \pm 2,10$ e $15,20 \pm 3,50$, respectivamente) e machos ($19,20 \pm 4,10$ e $15,50 \pm 2,10$, respectivamente) ($F_{5;50} = 36,57$; $p < 0,001$) (Tabela 3).

O Fatorial 3 (P3) não apresentou interação significativa ($F_{5;71} = 1,74$; $p = 0,14$) entre os fatores sexo e avaliação. O número de machos diferiu, significativamente com o maior valor nas avaliações II ($23,70 \pm 9,10$ machos e $32,70 \pm 5,60$ fêmeas) e V ($13,00 \pm 5,06$ machos) $8,17 \pm 3,54$ fêmeas) ($F_{1;10} = 11,33$; $p = 0,007$). As avaliações I, II e III diferiram significativamente com o maior valor de insetos capturados, das demais avaliações em número de fêmeas ($30,20 \pm 8,30$, $23,70 \pm 9,10$ e $21,70 \pm 5,60$, respectivamente) e machos ($39,83 \pm 3,87$, $32,70 \pm 5,60$ e $29,80 \pm 4,90$, respectivamente) ($F_{5;50} = 55,92$; $p < 0,001$) (Tabela 3).

O fatorial 4 (P4) não apresentou interação significativa ($F_{5;71} = 1,72$; $p = 0,14$) entre os fatores sexo e avaliação. Em todas as avaliações, o número de machos diferiu significativamente com o maior valor em comparação ao número de fêmeas ($F_{1;10} = 32,61$; $p < 0,001$). As avaliações I e II diferiram significativamente com o maior valor de insetos capturados, das demais avaliações em número de fêmeas ($8,70 \pm 4,40$ e $9,20 \pm 3,10$, respectivamente) e machos ($13,83 \pm 1,17$ e $14,70 \pm 3,30$, respectivamente) ($F_{5;50} = 154,47$; $p < 0,001$) (Tabela 3).

O Fatorial 5 (P5) não apresentou interação significativa entre os fatores sexo e avaliação ($F_{5;71} = 0,514$; $p = 0,76$). O número de fêmeas não diferiu, significativamente, do número de macho nas seis avaliações ($F_{1;10} = 4,58$; $p = 0,06$). As avaliações I e II diferiram significativamente com o maior valor, das demais avaliações para fêmeas ($6,20 \pm 2,00$ e $5,00 \pm 3,00$, respectivamente) e machos ($8,50 \pm 3,27$ e $6,80 \pm 3,30$, respectivamente) ($F_{5;50} = 17,64$; $p < 0,001$) (Tabela 3).

As formulações P3 e P4 capturaram maior número de machos em relação ao número de fêmeas de *L. sativae* em determinadas avaliações. Para as demais formulações, não houve diferença entre os gêneros. Ao longo de todas as avaliações, houve redução nas médias de adultos machos e fêmeas capturados (Tabela 3).

2.3.2 Atrativos grupo 2

2.3.2.1 Experimento com chance de escolha

Quanto ao grupo de atrativos 2, a interação entre os fatores formulações atrativas (produto) e avaliação (número de avaliações) foi significativa ($F_{24; 252} = 59,17$; $p < 0,001$) (Tabela 4).

No experimento com chance de escolha, o P3 apresentou os maiores valores de número de insetos nas avaliações I, II, III, IV, V e VII com $40,10 \pm 7,39$ ($F_{4; 252} = 157,53$; $p < 0,001$), $68,00 \pm 4,14$ ($F_{4; 252} = 363,22$; $p < 0,001$), $58,90 \pm 7,68$ ($F_{4; 252} = 302,25$; $p < 0,001$), $58,50 \pm 7,91$ ($F_{4; 252} = 280,64$; $p < 0,001$), $29,00 \pm 6,32$ ($F_{4; 252} = 57,94$; $p < 0,001$) e $7,92 \pm 2,99$ ($F_{4; 252} = 4,34$; $p = 0,002$), respectivamente. Na avaliação VI, não houve diferença significativa entre os produtos, apenas o valor da testemunha diferiu significativamente dos demais ($F_{4; 252} = 16,98$; $p < 0,001$), pois não houve captura de insetos ($0,00 \pm 0,00$) (Tabela 4).

Na testemunha, os valores de número de insetos das avaliações não diferiram significativamente ($F_{6; 252} = 0,019$; $p = 0,100$). Para P1, os valores das avaliações II ($16,60 \pm 3,37$), IV ($19,60 \pm 3,69$) e V ($17,90 \pm 2,69$) diferiram significativamente das demais ($F_{6; 252} = 26,42$; $p < 0,001$). Para P2 e P3, a avaliação II diferiu significativamente das demais, com os maiores valores, com $21,00 \pm 3,20$ ($F_{6; 252} = 31,23$; $p < 0,001$) e $68,00 \pm 4,14$ ($F_{6; 252} = 342,67$; $p < 0,001$), respectivamente. Para P4, os valores das avaliações III ($40,10 \pm 6,35$) e IV ($38,72 \pm 6,80$) diferiram significativamente das demais ($F_{6; 252} = 119,45$; $p < 0,001$) (Tabela 4).

Tabela 4 Número médio de adultos de *Liriomyza sativae* capturados a cada 48 horas em formulações atrativas (grupo 2) em laboratório com chance de escolha sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR60 \pm 10%.

Avaliação ¹	T ²	Formulações			
		P1 ³	P2 ⁴	P3 ⁵	P4 ⁶
Número médio de insetos					
I	0,00 \pm 0,00 Ca	2,70 \pm 1,72 Cc	2,20 \pm 1,14 Cd	40,10 \pm 7,39 Ac	15,00 \pm 4,52 Bc
II	0,00 \pm 0,00 Ea	16,60 \pm 3,37 Da	21,00 \pm 3,20 Ca	68,00 \pm 4,14 Aa	33,60 \pm 5,62 Bb
III	0,20 \pm 0,42 Da	14,40 \pm 3,20 Cb	17,20 \pm 3,94 Cb	58,90 \pm 7,68 Ab	40,10 \pm 6,35 Ba
IV	0,20 \pm 0,42 Da	19,60 \pm 3,69 Ca	16,80 \pm 2,28 Cb	58,50 \pm 7,91 Ab	38,72 \pm 6,80 Ba
V	0,50 \pm 0,85 Ca	17,90 \pm 2,69 Ba	15,80 \pm 4,57 Bb	29,00 \pm 6,32 Ad	14,63 \pm 4,02 Bc
VI	0,00 \pm 0,00 Ba	11,50 \pm 4,58 Ab	10,80 \pm 4,71 Ac	10,60 \pm 3,57 Ae	14,41 \pm 4,30 Ac
VII	0,10 \pm 0,32 Ba	4,00 \pm 3,09 Bc	3,30 \pm 2,79 Bd	7,92 \pm 2,99 Ae	4,10 \pm 2,51 Bd

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

¹ = avaliações a cada 48 horas

²T = testemunha

³P1 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, Eugenol 0,5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%, Sorbitol 0,5%

⁴P2 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, Eugenol 0,5%, ácido cítrico 0,5%, Sorbitol 0,5%

⁵P3 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%

⁶P4 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, ácido cítrico 0,5%

A formulação P3 destacou-se em relação aos demais, seguido dos atrativos P4, P2 e P1. Durante todo o período as formulações reduziram sua capacidade atrativa. (Tabela 4).

2.3.2.2 Experimento com escolha binária

No experimento de escolha binária do grupo de atrativos 2, as formulações avaliadas capturaram um valor superior aos valores da testemunha, diferenciando-se estatisticamente da mesma (Tabela 5).

O Fatorial 1 apresentou interação significativa ($F_{6; 63} = 88,93$; $p < 0,001$). O P1 diferiu, significativamente com os maiores valores, da testemunha (T1) nas sete avaliações. A avaliação III diferiu, significativamente com o maior valor ($29,20 \pm 2,20$), das demais avaliações em P1 ($F_{6; 63} = 188,98$; $p < 0,001$). Em T1, as avaliações não diferiram significativamente ($F_{6; 63} = 0,30$; $p = 0,93$) (Tabela 5).

Tabela 5 Número médio de adultos de *Liriomyza sativae* capturados a cada 48 horas em formulações atrativas (grupo 2) em laboratório combinados com água sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR60 $\pm 10\%$.

Avaliação ¹							
PXT	I	II	III	IV	V	VI	VII
Número médio de insetos							
Fatorial 1							
P1 ²	12,50 \pm 3,34Ad*	19,00 \pm 2,36Ab	29,20 \pm 2,20Aa	14,10 \pm 2,85Ac	15,60 \pm 2,27Ac	6,90 \pm 2,69Ae	3,10 \pm 2,51Af
T1	0,30 \pm 0,67 Ba	0,33 \pm 0,67 Ba	1,00 \pm 0,94 Ba	0,20 \pm 0,42 Ba	0,50 \pm 0,53 Ba	0,80 \pm 1,03Ba	1,00 \pm 0,94Ba
Fatorial 2							
P2 ³	15,20 \pm 2,30Ac	28,60 \pm 2,67Aa	25,20 \pm 3,94Ab	14,00 \pm 2,79Ac	16,10 \pm 4,33Ac	4,30 \pm 2,54Ad	2,10 \pm 2,02Ae
T2	0,70 \pm 0,67 Ba	1,10 \pm 1,45 Ba	1,50 \pm 1,51Ba	0,60 \pm 0,70 Ba	0,60 \pm 0,70 Ba	0,70 \pm 1,06Ba	0,50 \pm 1,08Aa
Fatorial 3							
P3 ⁴	68,10 \pm 3,14Ab	73,30 \pm 5,96Aa	65,90 \pm 5,36Ab	32,60 \pm 7,95Ac	23,10 \pm 3,41Ad	9,70 \pm 3,83Ae	5,60 \pm 3,37Af
T3	0,70 \pm 0,82 Ba	1,00 \pm 1,33Ba	0,50 \pm 0,71Ba	0,60 \pm 0,70 Ba	0,90 \pm 0,88 Ba	1,00 \pm 1,05Ba	1,00 \pm 1,05Ba
Fatorial 4							
P4 ⁵	34,70 \pm 6,50Ab	41,70 \pm 7,39Aa	38,30 \pm 8,14Ab	36,30 \pm 6,00Ab	16,70 \pm 1,95Ac	4,10 \pm 2,13Ad	2,30 \pm 1,70Ad
T4	0,70 \pm 1,06 Ba	0,60 \pm 1,26 Ba	0,20 \pm 0,42 Ba	0,60 \pm 0,70 Ba	0,80 \pm 0,79 Ba	1,40 \pm 1,17Aa	1,00 \pm 1,25Aa

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste F e Scott Knott, respectivamente.

¹ = avaliações a cada 48 horas

T = testemunha

²P1 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, Eugenol 0,5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%, Sorbitol 0,5%

³P2 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, Eugenol 0,5%, ácido cítrico 0,5%, Sorbitol 0,5%

⁴P3 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%

⁵P4 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, ácido cítrico 0,5%

O Fatorial 2 apresentou interação significativa ($F_{6; 63} = 78,54$; $p < 0,001$). O P2 diferiu, significativamente com os maiores valores, da testemunha (T2) até a avaliação VI. Na avaliação VII, o P2 não diferiu significativamente de T2 ($F_{1; 63} = 2,23$; $p = 0,14$). A avaliação II diferiu, significativamente com o maior valor ($28,60 \pm 2,67$), das demais avaliações em P2 ($F_{6; 63} = 182,48$; $p < 0,001$). Em T2, as avaliações não diferiram significativamente ($F_{6; 63} = 0,24$; $p = 0,96$) (Tabela 5).

O Fatorial 3 apresentou interação significativa ($F_{6; 63} = 297,80$; $p < 0,001$). O P3 diferiu, significativamente com os maiores valores, da testemunha (T3) nas sete avaliações. A avaliação II diferiu, significativamente com o maior valor ($73,30 \pm 5,96$), das demais avaliações em P3 ($F_{6; 63} = 644,12$; $p < 0,001$). Em T3, as avaliações não diferiram significativamente ($F_{6; 63} = 0,034$; $p = 0,9998$) (Tabela 5).

O Fatorial 4 apresentou interação significativa ($F_{6; 63} = 97,36$; $p < 0,001$). O P4 diferiu, significativamente com os maiores valores, da testemunha (T4) até a avaliação V. Os

valores de P4 não diferiram significativamente da testemunha T4 nas avaliações VI ($F_{1; 63} = 2,41$; $p = 0,12$) e VII ($F_{1; 63} = 0,56$; $p = 0,45$). A avaliação II diferiu, significativamente com o maior valor ($41,70 \pm 7,39$), das demais avaliações em P4 ($F_{6; 63} = 182,34$; $p < 0,001$). Em T4, as avaliações não diferiram significativamente ($F_{6; 63} = 0,09$; $p = 0,997$) (Tabela 5).

Todas as formulações foram atrativas, pois diferenciaram estatisticamente da testemunha. Ao longo do tempo, houve redução da atratividade para todas as formulações avaliadas, porém as formulações P1 e P3 mantiveram a atratividade na última avaliação, com valores que diferenciaram da testemunha (Tabela 5).

2.3.2.3 Sexagem

Em relação aos dados de número médio de machos e fêmeas de adultos de *L. sativae*, o fatorial 1 (P1) não apresentou interação significativa entre os fatores sexo e avaliação ($F_{6; 60} = 2,03$; $p = 0,074$). O número de fêmeas não diferiu, significativamente, do número de macho nas sete avaliações ($F_{1; 10} = 0,06$; $p = 0,798$). A avaliação III diferiu, significativamente com o maior valor, das demais avaliações para fêmeas ($16,00 \pm 2,53$) e machos ($12,67 \pm 3,08$) ($F_{6; 60} = 45,91$; $p < 0,001$) (Tabela 6).

O fatorial 2 (P2) apresentou interação significativa entre os fatores sexo e avaliação ($F_{6; 60} = 2,68$; $p = 0,02$). O número de machos diferiu, significativamente com o maior valor em relação ao número de fêmeas apenas nas avaliações IV ($9,00 \pm 0,89$ machos e $5,83 \pm 2,64$ fêmeas) ($F_{1; 60} = 5,40$; $p = 0,02$) e V ($9,50 \pm 2,88$ machos e $5,67 \pm 2,34$ fêmeas) ($F_{1; 60} = 7,91$; $p = 0,006$). As avaliações II e III diferiram, significativamente das demais, com os maiores valores para fêmeas ($13,00 \pm 2,83$ e $13,83 \pm 4,45$, respectivamente) ($F_{6; 60} = 28,20$; $p < 0,001$) e apenas a avaliação I diferiu, significativamente com o maior valor para machos ($14,67 \pm 3,50$) ($F_{6; 60} = 20,67$; $p < 0,001$) (Tabela 6).

O fatorial 3 (P3) apresentou interação significativa entre os fatores sexo e avaliação ($F_{6; 60} = 2,60$; $p = 0,03$). O número de fêmeas diferiu, significativamente com o maior valor em relação ao número de machos apenas na avaliação I ($39,17 \pm 5,04$ fêmeas e $29,17 \pm 6,82$ machos) ($F_{1; 60} = 9,03$; $p = 0,004$). As avaliações I, II e III diferiram significativamente das demais, com os maiores valores para fêmeas ($39,17 \pm 5,04$, $39,33 \pm 6,92$ e $32,83 \pm 4,88$, respectivamente) ($F_{6; 60} = 46,29$; $p < 0,001$) e para machos ($29,17 \pm 6,82$, $34,83 \pm 4,88$ e $33,83 \pm 9,42$, respectivamente) ($F_{6; 60} = 27,14$; $p < 0,001$) (Tabela 6).

Tabela 6 Número médio de machos (M) e fêmeas (F) de *Liriomyza sativae* capturados em diferentes formulações atrativas (grupo 2) em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR60 $\pm 10\%$.

Avaliação								
Sexo	I	II	III	IV	V	VI	VII	Média
Número médio de insetos								
Fatorial 1 (P1)								
F	5,33 \pm 2,5	9,33 \pm 2,1	16,00 \pm 2,5	6,17 \pm 1,3	8,33 \pm 1,7	3,00 \pm 1,6	1,67 \pm 1,2	7,1
M	5,50 \pm 0,8	9,33 \pm 2,3	12,67 \pm 3,0	7,67 \pm 2,7	7,17 \pm 0,7	4,50 \pm 2,1	2,33 \pm 1,3	7,0
Média	5,41 d	9,33 b	14,33 a	6,91 c	7,75 c	3,75 e	2,00 f	
Fatorial 2 (P2)								
F	8,00 \pm 0,8Ab	13,00 \pm 2,8Aa	13,83 \pm 4,4Aa	5,83 \pm 2,6Bb	5,67 \pm 2,3Bb	1,33 \pm 1,2Ac	1,00 \pm 1,1Ac	
M	7,50 \pm 2,2Ab	14,67 \pm 3,5Aa	11,17 \pm 1,9Ab	9,00 \pm 0,8Ab	9,50 \pm 2,8Ab	3,33 \pm 1,6Ac	2,17 \pm 1,1Ac	
Fatorial 3 (P3)								
F	39,17 \pm 5,0Aa	39,33 \pm 6,9Aa	32,83 \pm 4,8Aa	15,00 \pm 5,4Ab	9,33 \pm 7,0Ab	2,50 \pm 1,5Ac	2,33 \pm 1Ac	
M	29,17 \pm 6,8Ba	34,83 \pm 4,8Aa	33,00 \pm 9,4Aa	18,83 \pm 7,4Ab	15,50 \pm 5,6Ab	6,17 \pm 3,8Ac	3,00 \pm 1Ac	
Fatorial 4 (P4)								
F	16,83 \pm 4,7	20,33 \pm 2,6	20,33 \pm 5,5	18,33 \pm 2,1	7,33 \pm 1,0	1,33 \pm 1,0	0,83 \pm 0,7	12,1
M	17,83 \pm 3,3	17,17 \pm 4,8	14,50 \pm 3,6	17,67 \pm 6,0	9,67 \pm 0,8	3,17 \pm 1,3	1,33 \pm 0,8	11,6
Média	17,33a	18,75a	17,41a	18,00a	8,50b	2,25c	1,08c	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste F e Scott Knott, respectivamente.

T = testemunha

P1 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, Eugenol 0,5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%, Sorbitol 0,5%

P2 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, Eugenol 0,5%, ácido cítrico 0,5%, Sorbitol 0,5%

P3 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5%

P4 = Açúcar invertido 3%, melão 5%, ácido cítrico 0,5%

O fatorial 4 (P4) não apresentou interação significativa entre os fatores sexo e avaliação ($F_{6; 60} = 2,21$; $p = 0,054$). O número de fêmeas não diferiu, significativamente do número de machos nas sete avaliações ($F_{1;10} = 0,93$; $p = 0,35$). As avaliações I, II, III e IV diferiram significativamente das demais, com os maiores valores para fêmeas (16,83 \pm 4,71, 20,33 \pm 2,66, 20,33 \pm 5,57 e 18,33 \pm 2,16, respectivamente) e para machos (17,83 \pm 3,37, 17,17 \pm 4,88, 14,50 \pm 3,61 e 17,67 \pm 6,09, respectivamente) ($F_{6; 60} = 61,92$; $p < 0,001$) (Tabela 6).

A formulação P2 capturou mais machos de *L. sativae* nas avaliações IV e V em comparação a fêmeas, não diferenciando nas demais avaliações. Para a formulação P3 houve diferença apenas na avaliação I com maior número de fêmeas capturadas. Nas demais avaliações não houve diferença entre os números de machos e fêmeas capturados. Ao longo de todas as avaliações, houve redução nas médias de adultos capturados (Tabela 6).

2.3.3 Comparação entre as formulações selecionadas de cada grupos de atrativos

Com base nos resultados dos experimentos anteriores, foi selecionada a formulação P1 para o grupo de atrativos 1 (vinagre de banana 10% v/v + Melaço 10% v/v + ácido cítrico 0,5% v/v) e a formulação P3 para o grupo de atrativos 2 (açúcar invertido 3% v/v, melaço 5% v/v, proteína hidrolisada 0,5% v/v, ácido cítrico 0,5% v/v) devido à maior expressividade na atração de adultos de *L. sativae*.

A interação entre os fatores substâncias atrativas e avaliação foi significativa ($F_{14,125} = 8,82$, $p < 0,001$). O P1 diferiu significativamente na avaliação I ($18,67 \pm 3,39$), II ($18,55 \pm 4,58$) e III ($20,00 \pm 3,46$) ($F_{7, 168} = 14,36$; $p < 0$) das demais avaliações enquanto que o P3 obteve o maior número de insetos capturados na avaliação I ($22,22 \pm 4,49$) ($F_{7,168} = 31,13$, $p = 0$). Na testemunha (T) não houve diferença nas oito avaliações ($F_{7,168} = 0,112$; $p = 0,99$) (Tabela 7).

Na avaliação I, o P3 diferiu significativamente dos outros tratamentos com os maiores valores ($22,22 \pm 4,49$) ($F_{2,190} = 93,82$; $p < 0,001$). Na avaliação II ($F_{2,190} = 69,28$; $p = 0$), IV ($F_{2,190} = 48,73$; $p = 0$), V ($F_{2,190} = 35,73$; $p = 0$) e VI ($F_{2,190} = 32,29$; $p < 0,001$) não houve diferença significativa entre P1 e P3, apenas entre a testemunha. Na avaliação III, o P1 apresentou os maiores valores ($20,00 \pm 3,46$) e diferiu significativamente dos demais tratamentos ($F_{2,190} = 73,69$; $p < 0,001$), assim como nas avaliações VII e VIII, com $11 \pm 2,93$ ($F_{2,190} = 12,74$; $p < 0,001$) e $8,66 \pm 4,63$ ($F_{2,190} = 12,74$; $p < 0,001$), respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 Número médio de adultos de *Liriomyza sativae* capturados em formulações atrativas em laboratório a cada 48 horas sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR60 $\pm 10\%$.

Avaliação	Formulações		
	T ⁰	P1 ¹	P3 ²
Número de adultos			
I	1,33±1,93Ca*	18,67±3,39Ba	22,22±4,49Aa
II	0,71±0,71Ba	18,55±4,58Aa	15,66±5,15Ab
III	1,00±0,73Ca	20,00±3,46Aa	13,55±4,09Bb
IV	1,62±1,68Ba	15,11±4,04Ab	16,00±4,47Ab
V	0,55±0,52Ba	13,44±4,18Ac	11,44±3,50Ac
VI	0,88±1,05Ba	13,00±5,42Ac	10,44±2,40Ac
VII	0,88±1,05Ca	9,11±2,93Ad	4,55±3,94Bd
VIII	0,77±0,66Ba	8,66±4,63Ad	2,66±2,06Bd

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

⁰T = testemunha

¹P1 = Vinagre de banana 10% + Melaço 10% + ácido cítrico 0,5% (P1 do grupo 1)

²P3 = Açúcar invertido 3%, melaço 5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5% (P3 do grupo 2)

2.3.4 Avaliação de injúrias de *L. sativae* em plantas de feijão de porco na presença de atrativos

As formulações P1 e P3 diferenciaram significativamente da testemunha nos valores médios de adultos capturados e não diferenciaram entre si ($F_{2,17} = 14,42$, $p = 0,0003$). O número de puncturas não diferenciou para P1, P3 e testemunha ($F_{2,17} = 3,61$, $p = 0,052$). Quanto ao número de larvas, a testemunha diferenciou significativamente de P1 e P3 com os maiores valores ($261,67 \pm 96,24$) ($F_{2,17} = 5,36$ $p = 0,017$) (Tabela 8).

Tabela 8 Número médio de puncturas, larvas de *Liriomyza sativae* em plantas de feijão de porco e número médio de adultos capturados em formulações atrativas em laboratório, no período de 24 horas sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR60 $\pm 10\%$.

Tratamentos	Número de puncturas	Número de larvas	Número de adultos
T ⁰	1610,67 \pm 426,69 a	261,67 \pm 96,24 a	3,17 \pm 3,13 b
P1 ¹	1270,17 \pm 373,27 a	157,00 \pm 23,59 b	22,00 \pm 4,73 a
P2 ²	859,83 \pm 618,17 a	152,17 \pm 54,93 b	19,00 \pm 9,78 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

⁰T = testemunha

¹P1 = Vinagre de banana 10% + Melaço 10% + ácido cítrico 0,5% (P1 do grupo 1)

²P3 = Açúcar invertido 3%, melaço 5%, proteína hidrolisada 0,5%, ácido cítrico 0,5% (P3 do grupo 2)

2.4 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos nos experimentos comparando cada uma das formulações com a respectiva testemunha, foi possível observar que todas as formulações foram atrativas para os adultos de *L. sativae*. Essa atratividade dos adultos pelas formulações testadas pode estar relacionada à percepção dos voláteis emitidos pelas substâncias e a conseqüente a mudança de comportamento em direção as mesmas, as quais estimularam o sistema nervoso dos insetos (CHAPMANN, 1998).

As espécies pertencentes ao gênero *Liriomyza* utilizam vários recursos do sistema sensorial para desempenhar diversas funções, que funciona simultaneamente e em seqüência. Dentre esses recursos, o olfato é considerado o mais importante devido à utilização de caïromônios para a localização de hospedeiros e parceiros sexuais (KANG et al. 2009). Essa especialização do sistema olfativo é conseqüência de uma estrutura presente nas antenas de machos e fêmeas, cuja função é aumentar a capacidade receptiva e concentrar os estímulos olfativos (ROSS; ANDERSON, 1987; ZHAO; KANG, 2002), encontrados também em outras espécies de dípteros como *Ceratitits capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) (MAYO et al., 1987). Portanto, a resposta positiva dos adultos de *L. sativae* aos odores emitidos pelas substâncias atrativas pode estar associada a essa especialização e eficiência do sistema olfativo.

Quanto às substâncias utilizadas nas formulações para o primeiro grupo cujos atrativos foram à base de diferentes tipos de vinagres, foi verificado que a maior atratividade se deu na presença do vinagre de banana combinado com melaço, em comparação ao uso de vinagre de maçã e vinagre de arroz. A maior atratividade de adultos de *L. sativae* por essa formulação pode inferir que os mesmos possuem atração pelos compostos provenientes da fermentação da banana. Esse fato foi verificado por Cruz (1988) em que atrativos contendo banana amassada com melaço foram mais eficientes em comparação ao vinagre de maçã e vinagre de uva para *L. huidobrensis*. A mistura de banana com melaço mostrou-se atrativa também para outras espécies de insetos como *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1764 (Coleoptera: Curculionidae) em comparação a outros atrativos contendo abacaxi e foi semelhante às armadilhas contendo feromônios (MURGUÍA-GONZALES et al., 2018). Segundo Plata-Rueda et al. (2016), a fermentação de atrativos contendo banana em sua composição produz maior quantidade de compostos como etanol, pentano e acetato de etila que são atrativos à alguns grupos de insetos.

A presença do melaço nas formulações do grupo 1 favoreceu a captura de adultos de *L. sativae* em comparação as demais formulações contendo outras fontes de açúcares. Apesar dos açúcares serem provenientes da mesma matéria prima do melaço, as substâncias presentes nos voláteis emitidos diferem em quantidade e grupo químico (EL-SAYED et al., 2005). O melaço possui em sua constituição compostos formados pela decomposição e degradação microbiana provenientes de fermentação, incluindo acetaldeído e etanol, os quais são considerados atrativos para dípteros (QUINN et al., 2007) e outros grupos de insetos (BREZOLIN et al., 2018). Outros compostos presentes na composição química do aroma do melaço são ésteres os quais são atrativos e estão presentes em feromônios de diversos grupos de insetos, como o acetato de etila produzido pela espécie *C. capitata* (EL-SAYED et al., 2005). Portanto, devido às características dos odores emitidos pelo melaço, essa substância foi significativamente efetiva na atração de adultos de *L. sativae*.

A atratividade das formulações que continham o eugenol em sua composição foi inferior em comparação às outras formulações. Resultados semelhantes foram encontrados em testes de odores realizados em olfatômetros, em que os adultos de *L. sativae* responderam de forma não significativa para esse composto isolado, apesar do mesmo estar presente em folhas de plantas de tomate, enquanto que para os odores provenientes das plantas, os adultos responderam de forma significativa. Portanto, a atratividade por odores muitas vezes está associada ao conjunto de substâncias, como nas plantas de tomate e não somente a um composto isolado (ZHAO; KANG, 2002). Além disso, a concentração do composto pode interferir na atratividade, pois quando os insetos encontram uma fonte de

odor atraente, geralmente a resposta é em função de um grupo de voláteis emitidos simultaneamente (CHA et al., 2015). Portanto, embora o eugenol seja um composto presente em plantas de tomate, o mesmo isoladamente não confere atratividade à adultos de *L. sativae* e a escolha por plantas de tomate como hospedeiros pode estar associada à mistura de compostos voláteis presentes no vegetal.

A presença de proteína hidrolisada nas formulações atrativas que não continham o eugenol favoreceu a atratividade de adultos de *L. sativae* (P3 do grupo 2 - açúcar invertido 3% v/v, melão 5% v/v, proteína hidrolisada 0,5% v/v, ácido cítrico 0,5% v/v). Essa atividade pode ser decorrente da necessidade de ingestão de substâncias proteicas para o desenvolvimento ovariano, maturação sexual, incremento na produção de ovos, aumento na taxa de acasalamento e longevidade que ocorre em diversas espécies de insetos, incluindo os dípteros (PROKOPY; VARGAS, 1996, MILLER, 2004; PIÑERO et al., 2017; VARGAS et al., 2018; BIASAZIN et al., 2018; LASA; AGUAS-LANZAGORTA; WILLIAMS, 2020) e *Liriomyza* sp., principalmente no período de pré-oviposição (GUIMARÃES et al., 2009). Além disso, adultos recém-emergidos concentram as suas atividades na dispersão e localização de fontes de alimentos (EPSKY et al., 2014) e o padrão de resposta a odores atrativos dos mesmos está relacionado à fatores fisiológicos como idade, sexo e estado nutricional (LASA;AGUAS-LANZAGORTA;WILLIAMS, 2020). Os adultos de *L. sativae* utilizados nos experimentos eram recém-emergidos, portanto a necessidade de alimentação priorizou a busca por recursos alimentares e consequentemente a atração pelas formulações que continham esses recursos. Embora a proteína hidrolisada não tenha desempenhado um efeito atrativo para adultos de *L. sativae* em estudos realizados por Rocha et al. (2010), a mistura da mesma com outros componentes como o melão e o açúcar invertido favoreceu a captura de adultos, cuja explicação pode ser decorrente a diferenciação dos odores emitidos. Mas é importante ressaltar que nos experimentos realizados por Rocha et al. (2010) foi utilizado proteína hidrolisada de milho e no presente trabalho foi utilizado proteína hidrolisada proveniente do soro do leite. Portanto, o tipo de produto utilizado pode alterar a resposta atrativa dos adultos de *L. sativae*.

Quanto à atratividade para machos e fêmeas, foi observado que em algumas avaliações com determinadas formulações, o número de insetos machos foi superior em comparação ao número de fêmeas e em outras foi observado à situação contrária. Em estudos realizados com a preferência de odores de diversas plantas hospedeiras de *L. sativae* foi verificado que machos e fêmeas possuem distribuição semelhante de sensilas e que o comprimento das sensilas dos machos é superior que as das fêmeas (ZHAO; KANG, 2003), cujo fato pode ter favorecido à maior atratividade de machos no presente estudo para o

grupo de atrativo 1. Outro fator é que os machos de *Liriomyza* sp. dependem das fêmeas para se alimentar pois não possuem o ovipositor para realizar as puncturas. Portanto, a emissão de voláteis pelas plantas ocasionadas pela alimentação das fêmeas favorece a localização do alimento e do parceiro sexual (GE et al., 2018). Devido a essas características, os machos de *Liriomyza* sp. podem possuir maior sensibilidade a odores em comparação a fêmeas (RADZIUTE; BUDA, 2013). A maior atratividade de fêmeas em determinada avaliação do grupo 2 pode relacionar-se com a necessidade nutricional que as mesmas possuem, principalmente após a emergência, para a maturação dos ovos. Essa observação foi elucidada para diversos grupos de insetos, incluindo os dípteros (WOLLMANN et al., 2019).

Na presença das substâncias atrativas houve redução de aproximadamente 60% das injúrias ocasionadas pela fase imatura de *L. sativae*, devido à redução do número de adultos. Quanto ao número de puncturas de alimentação, não houve diferença em relação à testemunha, ou seja, na ausência dos atrativos. Os adultos utilizados no experimento possuíam três dias de idade e foram submetidos à alimentação com plantas de feijão anteriormente a condução do experimento. Dessa forma, devido ao seu desenvolvimento prévio nessas plantas, ao serem confinados com as substâncias atrativas e plantas da mesma espécie que se desenvolveram, foram atraídos a princípio pelos voláteis emitidos pelas mesmas. Essa condição foi observada em *Liriomyza* spp. cuja resposta aos odores foi em função das plantas em que se desenvolveram e possuíam experiência de alimentação, mesmo comparando com plantas hospedeiras preferenciais (RADZIUTE; BUDA, 2013).

Quanto à redução do número de larvas na presença dos atrativos, uma possível explicação seria que os adultos de *L. sativae* ao perceberem a presença de odores diferentes ao das plantas, mudaram o comportamento em direção aos mesmos, com o intuito de avaliar a qualidade do substrato para alimentação e oviposição. O comportamento de escolha do hospedeiro para *Liriomyza* sp., baseia-se na localização pelos compostos voláteis, avaliação da qualidade através da alimentação e posteriormente a oviposição (PARRELLA, 1987; GE et al., 2018). Embora essas espécies tenham preferência pelos voláteis emitidos pelos exsudados das puncturas, por fornecerem fontes de carbono e nitrogênio confiáveis (GE et al., 2019), os adultos foram atraídos pelas substâncias as quais forneciam recursos como fontes de energia para oviposição.

Ao longo do tempo todas as formulações reduziram sua capacidade de atração devido à presença de contaminantes e a conseqüente deterioração dos compostos. Para o grupo 1, as avaliações foram realizadas durante 12 dias enquanto que para o grupo 2 durante 14

dias. Semelhantemente, substâncias atrativas à base de proteínas foram avaliadas em média de 10 dias por Raga et al. (2015), as quais resultaram na redução da capacidade atrativa à moscas-das-frutas (*C. capitata*) devido à processos de deterioração. Segundo Mazor (2002), o nitrogênio amoniacal é o principal componente da decomposição de atrativos à base de melação e proteínas. Algumas espécies de mosca-das-frutas como *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1971) (Diptera: Tephritidae) são atraídas por esse composto em altas concentrações, enquanto que outras espécies são atraídas em baixas concentrações (LASA; WILLIAMS, 2021). Apesar de algumas espécies de dípteros serem atraídos por esse produto proveniente da decomposição, a faixa de rejeição é muito ampla (MAZOR et al. 2002; MAZOR, 2018). Portanto, a menor atratividade à adultos de *L. sativae* no final das avaliações pode ser decorrente à alta taxa de liberação de nitrogênio amoniacal. Além disso, substâncias que possuem pH reduzido possuem maior velocidade de decomposição (HEATH et al., 2009). As formulações utilizadas no experimento possuíam o ácido cítrico como conservante, por se tratar de um ácido, o mesmo pode ter sido o fator que reduziu o pH, favoreceu a decomposição das substâncias.

2.5 CONCLUSÃO

Todas as formulações testadas promovem atratividade à adultos de *L. sativae*, principalmente a que contém vinagre de banana (10%) v/v, melação (10%) v/v e ácido cítrico (0,5% v/v) e a que contém açúcar invertido (3%) v/v, melação (5%) v/v, proteína hidrolisada (0,5%) v/v e ácido cítrico (0,5%) v/v.

Na presença das formulações que contém banana (10%) v/v, melação (10%) v/v e ácido cítrico (0,5%) v/v e que contém açúcar invertido (3%) v/v, melação (5%) v/v, proteína hidrolisada (0,5%) v/v e ácido cítrico (0,5%) v/v há redução das injúrias ocasionadas por *L. sativae* devido à captura dos adultos.

Todas as formulações reduzem a capacidade atrativa ao longo do tempo.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E.L.; SILVA, R. K. B.; GUIMARÃES, J. A.; SILVA, J. G.; BITTENCOURT, M. A. L. Levantamento e flutuação populacional de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em goiaba *Psidium guajava* L., no município de Russas (CE). **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p.138-146, 2008.
- BATEMAN, M.A.; MORTON T.C. The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Family: Tephritidae). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 32, n.1, p. 883-903, 1981.

BIASAZIN, T. D., CHERNET, H. T., HERRERA, S. L., BENGTSSON, M., KARLSSON, M. F., LEMMEN-LECHELT, J. K.; DEKKER, T. Detection of volatile constituents from food lures by tephritid fruit flies. **Insects**, v. 9, n. 3, p. 1-14, 2018.

BREZOLIN, A. N.; MARTINAZZO, J.; MUECHEN, D. K.; CEZARO, A. M.; RIGO, A. A.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J.; BLASSIOLI-MORAES, M. C.; BORGES, M. Tools for detecting insect semiochemicals: a review. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 140, p. 4091-4108, 2018.

CANDIA, I. F.; BAUSTISTA, V.; HERRERA, S. L.; WALTER, A.; CASTRO, N. O.; TASIN, M.; DEKKER, T. Potential of locally sustainable food baits and traps against the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* in Bolivia. **Pest Management Science**, v. 75, p. 1671-1680, 2019.

CHA, D. H.; HESLER, S. P.; PARK, S.; ADAMS, T. B.; ZACK, R. S.; ROGG, H.; LOEB, G. M.; LANDOLT, P. J. Simpler is better: fewer non-target insects trapped with a four-component chemical lure vs. a chemically more complex food-type bait for *Drosophila suzukii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 154, p. 251-260, 2015.

CHA, D.H., ADAMS, T., WERLE, C.T., SAMPSON, B.J., ADAMCZYK, J.R.J, ROGG, H.; LANDOLT, P.J. A four component synthetic attractant for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) isolated from fermented bait headspace. **Pest Management Science**, v. 70, p. 324-331, 2014.

CHAPMAN, R. F. **The Insects Structure and Function**. 4th edition. Cambridge University Press, 770p., 1998.

CLOONAN, K. R.; HERNÁNDEZ-CUMPLIDO, J.; SOUSA, A. L. V.; RAMALHO, D. G.; BURRACK, H. J.; ROSA, L. D.; DIEPENBROCK, L. M.; BALLMAN, E.; DRUMMOND, F. A.; GUT, L. J.; HESLER, S.; ISAACS, R.; LEACH, H.; LOEB, G. M.; NIELSEN, A. L.; NITZSCHE, P.; PARK, K. R.; SYED, Z.; TIMMEREN, S. V.; WALLINGFORD, A. K.; WALTON, V. M.; RODRIGUEZ-SAONA, C. Laboratory and Field Evaluation of Host-Related Foraging Odor-Cue Combinations to Attract *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 10, n. 10, p. 1-11, 2019.

COSTA-LIMA, T. C.; GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. P. Reproductive Activity and Survivorship of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) at Different Temperatures and Relative Humidity Levels. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 1, p. 195-201, 2010

CRUZ, C. A. **Observações sobre o comportamento de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera – Agromyzidae) em cultura da batatinha (*Solanum tuberosum* L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 52f. 1988.

EL-SAYED, A. M.; HEPPELTHWAITE, V. J.; MANNING, L. M.; GIBB, A. R.; SUCKLING, D. M. Volatile Constituents of Fermented Sugar Baits and Their Attraction to Lepidopteran Species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 953-958, 2005.

EPSKY, N.D.; KENDRA, P.E.; SCHNELL, E.Q. **History and development of food-based attractants**. In: SHELLY, T.E., EPSKY, N., JANG, E.B., REYES-FLORES, J., VARGAS, R.I. Trapping and the Detection, Control and Regulation of Tephritid Fruit Flies;. Springer: Dordrecht, Holanda, pp. 75–118, 2014.

FENOGLIO, M. S.; VIDELA, M.; SALVO, A.; MORALES, J. M. Dispersal of the pea leaf miner *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae): a field experimente. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 51, n. 2, p. 343-352, 2019.

- FRANÇA, S. M.; OLIVEIRA, J. V.; PICANÇO, M. C.; LÔBO, A. P.; SILVA, E. M.; GONTIJO, P. C. Seleção de atrativos alimentares e toxicidade de inseticidas para o manejo da broca-pequena-do-tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.44, n.6, p.561-568, 2009.
- GE, J.; LI, N.; YANG, J.; WEI, J.; KANG, L. Female adult puncture-induced plant volatiles promote mating success of the pea leafminer via enhancing vibrational signals. **Philosophical Transactions B**, v. 374, n. 4, p. 1-8, 2018.
- GE, J.; WEI, J.; TAO, Y.; KANG, L. Sexual cooperation relies on food controlled by females in agromyzid flies. **Animal Behaviour**, v.149, p. 55-63, 2019.
- GUIMARÃES, J. A., MICHEREFF FILHO, M., OLIVEIRA, V., De Liz, R. S., ARAÚJO, E. **Biologia e Manejo de Mosca Minadora no Meloeiro**. Circular Técnica 77, 9p., Brasília, 2009.
- HEATH, R. R., VAZQUEZ, A., SCHNELL, E. Q., VILLAREAL, J., KENDRA, P. E., EPSKY, N. D. Dynamics of pH modification of an acidic protein bait used for tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Journal of economic entomology**, v. 102, n. 6, p. 2371-2376, 2009.
- KANG, E. B.; LIGHT, D. M.; BINDER, R. G.; FLATH, R. A.; CARVALHO, L. A. Attraction of female Mediterranean fruit flies to the five major components of male-produced pheromone in a laboratory flight tunnel. **Journal of Chemical Ecology**, v.20, p. 9-20, 1994.
- KANG, L.; CHEN, B.; WEI, J.; LIU, T. Roles of Thermal Adaptation and Chemical Ecology in Liriomyza Distribution and Control. **Annual Review Entomology**, v. 54, p. 127-145, 2009.
- LAAKSONEN, J.; LAAKSONEN, T.; ITÄMIES, J.; RYTKONEN, S.; VÄLIMAKI, P. A. new efficient bait trap model for Lepidoptera surveys - the 'Oulu' model. **Entomologica Fennica**, v. 17, p.153–160, 2006.
- LANDOLT, P.J.; ADAMS, T.; ROGG,H.. Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. **Journal of Applied Entomology**, v. 136, p. 148-154, 2012.
- LANG SCOZ, P.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; PASTORI, P. L. Avaliação de atrativos alimentares e armadilhas para o monitoramento de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) na cultura do pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsh). **Idesia**, v. 24, n. 2, p. 7-13, 2006.
- LASA, R.; AGUAS-LANZAGORTA, S.; WILLIAMS, T. Agricultural-Grade Apple Cider Vinegar Is Remarkably Attractive to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophiliadae) in Mexico. **Insects**, v. 11, n. 7, p. 1-15, 2020.
- LASA, R.; TADEO, E.; TOLEDO-HERNANDEZ, R. A.; CARMONA, L.; LIMA, I.; WILLIAMS, T. Improved capture of *Drosophila suzukii* by a trap baited with two attractants in the same device. **Plos One**, v. 7, p. 1-19, 2017.
- LASA, R.; VELÁZQUEZ, O. E.; ORTEGA, R.; COSTA, E. Efficacy of Commercial Traps and Food Odor Attractants for Mass Trapping of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). **Ecology and Behaviour**, v. 107, n. 1, p. 198-205, 2014.
- LASA, R.; WILLIAMS, T. Does Ammonia Released from Protein-Based Attractants Modulate the Capture of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)? **Insects**, v. 12, n.2, 1-16, 2021.

- LIU W.X, WANG, W.X., ZHANG, Y.B., WANG, W., LU S.L.; WAN, F.H. Adult diet affects the life history and host-killing behavior of a hostfeeding parasitoid. **Biological Control**, v.81, p. 58–64, 2015.
- MAYO, I.; ADERSON, M.; BURGUETE, J.; CHILLIDA, E. M. R. Structure of superficial chemoreceptive sensilla on the third antennal segment of *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **International Journal of Insect Morphology and Embriology**, v. 16, n. 2, p. 131-141, 1987.
- MAZOR, M.; PEYSAKHIS, A.; REUVEN, G. Release rate of ammonia-a key component in the attraction of female Mediterranean fruit fly to protein-based food lures. **IOBC wprs Bulletin**, v. 25, n. 9, p. 323-328, 2002.
- MAZOR, M. L. The role of acetic acid in the attraction of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* to ammonium acetate. **Phytoparasitica**, v. 46, n. 3, p. 377-381, 2018.
- MILLER, N. W.; VARGAS, R. I.; PROKOPY, R. J.; MACKEY, B. E. Statedependent attractiveness of protein bait and host fruit odor to *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) females. **Annals of Entomological Society of America**, v. 97, n. 6, p. 1063-1068, 2004.
- MURGUÍA-GONZALES, J.; LANDERO-TORRES, I.; LEYVA-OVALLE, O. R.; GALINDO-TOVAR, M. E.; LLARENA-HERNANDEZ, R. C.; PRESA-PARRA, E.; GARCIA-MARTINEZ, M. A. Efficacy and Cost of Trap–Bait Combinations for Capturing *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in Ornamental Palm Polycultures. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 302-310, 2018.
- NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, R.S.; MALAVASI, A. Monitoramento populacional. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. p.109-112, 2000.
- NATION, J.L. Nutrition. In: NATION, J.L. (Ed.). **Insect physiology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, p.65-87, 2002.
- NAVARRO-LLOPIS, V., PRIMO, J., VACAS, S. Bait station devices can improve mass trapping performance for the control of the Mediterranean fruit fly. **Pest Management Science**, v. 71, 923–927, 2015.
- NIOGRET, J.; EPSKY, N. D. Attraction of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) sterile males to essential oils: The importance of linalool. **Environmental entomology**, v. 47, n. 5, p. 1287-1292, 2018.
- PARRELLA, M.P.; JONES, V.P.; CHRISTIE, G.D. Feasibility of parasites for biológica control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on commercially grown chrysanthemum. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 3, p. 832-837, 1987.
- PIÑERO, J. C.; SOUDER, S. K.; SMITH, T. R.; VARGAS, R. I. Attraction of *Bactrocera cucurbitae* and *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) to beer waste and other protein sources laced with ammonium acetate. **Florida Entomologist**, v. 100, n. 1, p. 70-76, 2017.
- PLATA-RUEDA, A., MARTÍNEZ, L. C., FERNANDES, F. L., RAMALHO, F. D. S., ZANUNCIO, J. C., SERRÃO, J. E. Interactions between the bud rot disease of oil palm and *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of economic entomology**, v.109, n. 2, p. 962-965, 2016.

- PROKOPY, R. J.; VARGAS, R. I. Attraction of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) flies to odor of coffee fruit. **Journal of Chemical Ecology**, v. 22, n. 4, p. 807–820, 1996.
- QUINN, B. P.; BERNIER, U. R.; GEDEN, C. J.; HOGSETTE, J. A.; CARLSON, D. A. Analysis of extracted and volatile components in blackstrap molasses feed as candidate house fly attractants. **Journal of Chromatography A**, v. 1139, p. 279-284, 2007.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing: Vienna. 2019. Disponível em: < <https://www.R-project.org/> >. Acesso em: 01 fev. 2021.
- RADZIUTE, S.; BUDA, V. Host feeding experience affects host plant odour preference of the polyphagous leafminer *Liriomyza bryoniae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 146, p. 286-292, 2013.
- RAGA, A.; VIEIRA, S. M. J. Atratividade de proteína hidrolisada de milho em mistura com bórax sobre moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em gaiolões de campo. **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 82, p. 1-8, 2015.
- RIDLAND, P. M.; UMINA, P. A.; PIRTLE, E. I.; HOFFMAN, A. A. Potential for biological control of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae), in Australia with parasitoid wasps. **Austral Entomology**, v. 59, p. 16-36, 2020.
- ROCHA, L. I. R.; NOGUEIRA, C. H. F.; COSTA, E. M.; OLIVEIRA, J. J. D.; ARAUJO, E. L. Atratividade de substâncias alimentares sobre a mosca minadora *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) e ao seu parasitóide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 5, n. 5, p. 88-93, 2010.
- ROSS, K. T. A.; ANDERSON, M. Morphology of the antennal sensilla of the cabbage root fly, *Delia radicum* L. (Diptera: Anthomyiidae). **International Journal of Insect Morphology and Embryology**, v. 16, n. 6, p. 331-342, 1996.
- STUPP, P.; MACHOTA JUNIOR, R.; CARDOSO, T. D. N.; PADILHA, A. C.; HOFFER, A.; BERNARDI, D.; BOTTON, M. Mass trapping is a viable alternative to insecticides for management of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in apple orchards in Brazil. **Crop Protection**, v. 139, p. 1-6, 2021.
- TAKEDA, M.; KAWAI, A.; MITSUNAGA, T.; TSUKAZAKI, H.; YAMASHITA, K.; WAKI, T. A novel method for evaluating the egg killing defenses and varietal resistance of the bunching onion against *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae) via the artificial inoculation of eggs. **Applied Entomology and Zoology**, v. 55, p. 93-103, 2020.
- UPAKUT, S.; SUKONTASON, K. L.; BUNCHU, N.; PEREIRA, R. M.; SUKONTASON, K. Behavioral response of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) to natural products. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, v.48, n.3, p.561-569, 2017.
- VARGAS, R. I.; PIÑERO, J. C.; MILLER, N. W. Effect of Physiological State on Female Melon Fly (Diptera: Tephritidae) Attraction to Host and Food Odor in the Field. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 3, p. 1318-1322, 2018.

WEDDLE, P.W, WELTER, S.C., THOMSON, D. History of IPM in California pears—50 years of pesticide use and the transition to biologically intensive. **IPM Pest Management Science**, v. 65, p. 1287–1292, 2009.

WOLLMANN, J.; SCHLESENER, D. C. H.; VIEIRA, J. G. A.; BERNARDI, D.; GARCIA, M. S.; GARCIA, F. R. M. Evaluation of food baits to capture *Drosophila suzukii* in the southern of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, p. 1-10, 2019.

KONG, W. N.; WANG, Y.; GUO, Y. F.; CHAI, X. H.; L., J., MA, R. Y. Behavioral effects of different attractants on adult male and female oriental fruit moths, *Grapholita molesta*. **Pest management science**, v. 76, n.9, p. 3225-3235, 2020.

ZHAO, Y. X.; KANG, L. Olfactory responses of the leafminer *Liriomyza sativae* (Dipt., Agromyzidae) to the odours of host and non-host plants. **Journal of Applied Entomology**, v. 127, p. 80-84, 2003.

ZHAO, Y. X.; KANG, L. Role of plant volatiles in host location of the leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Physiological Entomology**, v. 27, n. 2, p. 103-111, 2002.

3 CAPÍTULO

Toxicidade e deterrência de óleos fixos, essenciais e compostos majoritários sobre diferentes fases de vida de *Liriomyza sativae* Blanchard 1939 (Diptera: Agromyzidae)

RESUMO

Como opção de manejo, o uso de inseticidas botânicos como os óleos fixos e essenciais pode auxiliar na redução de populações de espécies praga de forma mais sustentável. Além disso, os compostos majoritários presentes nos óleos essenciais podem ser precursores para o desenvolvimento de novos produtos. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a mortalidade de larvas de *Liriomyza sativae* submetidas à aplicação dos óleos de alecrim, eucalipto, citronela, gengibre, limão siciliano, nim e dos compostos majoritários d-limoneno, citral, citronelal, 1,8cineol/eucaliptol e cânfora; estimar a concentração letal dos óleos e compostos majoritários e avaliar o efeito deterrente dos mesmos sobre adultos de *L. sativae*. Os experimentos foram realizados em condições de laboratório, sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 10\%$. A caracterização química dos óleos essenciais foi realizada por análises nos equipamentos de cromatografia gasosa com detector de ionização em chama (CG-DIC) e cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-EM). Para os testes de toxicidade, discos foliares contendo uma larva de *Liriomyza sativae* foram imersos por 5 segundos em soluções contendo os óleos essenciais, fixos e compostos majoritários. Os testes de deterrência foram realizados mediante a aplicação dos mesmos tratamentos em plantas de feijão de porco e liberação de adultos de *L. sativae* em gaiolas de TNT. As avaliações para os testes de toxicidade foram realizadas por meio da contagem do número de pupas formadas e para os testes de deterrência da contagem do número de puncturas e larvas nas folhas. Todos os óleos essenciais com concentração 2% v/v apresentaram 100% de mortalidade com exceção do óleo fixo de nim (2% v/v), cuja mortalidade foi de $48,86 \pm 0,24\%$. Os compostos majoritários (2%v/v) ocasionaram valores superiores a 90% de mortalidade nas larvas, com exceção da cânfora (21,48%) e eucaliptol (23,40%). As CL_{50} mais tóxicas foram provenientes dos óleos de citronela (0,11% v/v), gengibre (0,15% v/v) e do composto majoritário citral (0,13% v/v). O menor índice de deterrência foi ocasionado pelo óleo de nim (0,221) assim como o menor número de larvas ($5,67 \pm 0,33$). Os óleos e os compostos majoritários possuem ação inseticida e deterrente sobre larvas e adultos de *L. sativae*, com maior expressividade os óleos de citronela, gengibre e o citral com ação tóxica e o óleo de nim como deterrente.

Palavras-chave: Mosca minadora. Inseticidas botânicos. Concentração letal.

Toxicity and deterrent effects of fixed, essential oils and major components on different life stages of *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (Diptera: Agromyzidae)

ABSTRACT

As a management option, the use of botanical insecticides such as fixed and essential oils can help reduce pest species populations in a more sustainable way. Furthermore, the major compounds present in essential oils can be precursors for the development of new products. Therefore, the objective aimed to evaluate the mortality of *Liriomyza sativae* larvae subjected to the application of rosemary, eucalyptus, citronella, ginger, lemon, neem and the major compounds d-limonene, citral, citronellal 1,8 cineol/eucalyptol and camphor; estimate the lethal concentration of major oils and compounds and evaluate their deterrent effect on *L. sativae* adults. The experiments were carried out under laboratory conditions, under a temperature of $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $60\pm 10\%$. The chemical characterization of essential oils was carried out by analysis in equipment of gas chromatography with flame ionization detector (GC-DIC) and gas chromatography coupled to a mass spectrometer (GC-MS). For the toxicity tests, leaf discs containing a *Liriomyza sativae* larva were immersed for 5 seconds in solutions containing the essential oils, fixed and major compounds. The deterrence tests were carried out by applying the same treatments to bean plants and releasing *L. sativae* adults in TNT cages. The evaluations for the toxicity tests were carried out by counting the number of formed pupae and for the deterrence tests by counting the number of punctures and larvae on the leaves. All essential oils (2%) had 100% mortality, except for the fixed neem oil (2%), whose mortality was $48.86\pm 0.24\%$. The most toxic LC_{50} came from citronella oil (0.11%), followed by ginger oil (0.15%), eucalyptus oil (0.22%) and rosemary oil (0.48%). The lowest deterrence index was caused by neem oil (0.221) as well as the lowest number of larvae (5.67 ± 2.33). The major oils and compounds have insecticidal and deterrent action on larvae and adults of *L. sativae*, with greater expressiveness citronella oil with toxic action and neem oil as a deterrent.

Keywords: Leafminer. Botanical insecticides. Lethal concentration.

3.1 INTRODUÇÃO

A principal estratégia de controle utilizada no manejo de pragas agrícolas incluindo espécies pertencentes ao gênero *Liriomyza*, é a aplicação de inseticidas sintéticos (CUTLER, 2013; DEVKOTA et al., 2016). Embora esses produtos tenham trazido benefícios para a produção agrícola, o seu uso excessivo e irregular acarreta diversos problemas em relação à contaminação, tanto humana quanto ambiental (FOUNTAIN; WRATTEN, 2013). Além disso, outros problemas são ocasionados como a ressurgência de pragas secundárias, o efeito sobre organismos não alvo e a seleção de genótipos resistente aos ingredientes ativos (DUBEY et al., 2011; REDDY; CHOWDARY, 2021).

Devido aos diversos fatores ocasionados pelo uso indiscriminado de inseticidas sintéticos, as pesquisas relacionadas ao uso de produtos provenientes da natureza como óleos essenciais e extratos de plantas, os quais são denominados “pesticidas verdes”, destacaram-se como uma alternativa mais sustentável, principalmente em cultivos orgânicos (MOSSA, 2016; KARANI et al., 2017).

Os óleos essenciais provenientes do metabolismo secundário de determinadas plantas são considerados inseticidas botânicos constituídos por misturas de compostos orgânicos que desempenham funções na redução de populações de insetos praga e consequentemente de injúrias nas plantas. Esses óleos ocasionam efeitos tóxicos, ovicida, repelentes e antialimentares a diversos grupos de insetos (TRIPATHI et al., 2009, KUMAR et al., 2013; WANG et al., 2019; BOULAMTAT et al., 2021). Devido a fatores como a menor persistência no ambiente e a baixa toxicidade a insetos benéficos e mamíferos, o uso dos óleos essenciais é considerado de menor impacto ambiental em comparação ao uso de inseticidas sintéticos (SINTHUSIRI; SOONWERA, 2014; LEVCHENKO et al., 2021).

A constituição dos óleos essenciais é de aproximadamente 20 a 60 componentes, embora existam óleos de espécies vegetais cujo número de compostos é inferior ou superior a esses valores. A concentração desses compostos é variável e os que apresentam concentrações superiores a 5% v/v são denominados de compostos majoritários (DEVI et al., 2020), que geralmente determinam as propriedades biológicas dos óleos (PAVELA, 2015). Portanto, além do uso dos inseticidas botânicos diretamente no manejo de pragas, esses produtos são precursores de pesquisas no intuito de desenvolver novos agentes sintéticos com melhor desempenho e atributos em comparação ao natural (CANTRELL et al., 2012).

Dentre os estudos com óleos essenciais, diversas espécies botânicas são consideradas promissoras na toxicidade e repelência a insetos como o óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* - Myrtaceae) (BATISH et al., 2008; SEMMLER et al., 2014), o óleo de alecrim (*Rosmarinus officinalis* – Lamiaceae) (BENELI, et al., 2012; DUARTE et al., 2015; MENDOZA-GARCIA et al., 2019), o óleo de citronela (CLOYD et al., 2009; HAZARIKA et al., 2020), o óleo de gengibre (ATAÍDE et al., 2020; BULGARINI; BORTOLINI; MAISTRELLO, 2021) e o óleo de limão siciliano (GUPTA et al., 2017).

Outro grupo de inseticidas botânicos são os óleos vegetais fixos, extraídos de diversas partes das plantas como sementes, raízes, caule e polpa de frutos. São constituídos por misturas de ésteres de ácidos graxos, geralmente triglicerídeos e outros lipídeos, cujos mais comuns são os ácidos palmítico, estérico, linoleico e oleico (PIRAS et al., 2012; ROSA et al., 2017). A presença desses compostos na constituição dos óleos fixos é a principal característica que os diferenciam dos óleos essenciais, pois os ácidos graxos possuem baixa volatilidade enquanto que os óleos essenciais são constituídos por substâncias com alta volatilidade (SIMÕES, 1999; ALMEIDA et al., 2015). Tratando-se do manejo de insetos praga, dentre os óleos fixos, o óleo de nim (*Azadiracta indica* – Meliaceae) possui efeitos tóxicos, antialimentar e repelente contra diversos grupos de insetos, incluindo os dípteros (HOSSAIN; POEHLING, 2006; SILVA et al., 2015; DUARTE et al., 2019).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a mortalidade de larvas de *L. sativae* submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais e compostos majoritários, estimar a concentração letal dos óleos e compostos majoritários e avaliar o efeito deterrente dos mesmos sobre adultos de *L. sativae*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados no laboratório de Entomologia do Núcleo de desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI) no Campus de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da UFES, em Alegre -ES.

3.2.1 Obtenção dos insetos

Item 2.2.1 (página 42)

3.2.2 Obtenção dos óleos e compostos majoritários

Os óleos utilizados nos bioensaios foram adquiridos comercialmente com exceção do óleo de gengibre, cuja extração foi realizada no Laboratório de Fitoquímica e Catálise do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES - Campus Alegre). As informações a respeito dos óleos adquiridos comercialmente ou extraídos que foram utilizados nesse trabalho são:

- Óleo essencial de Eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) Ferquima, lote 114. Fabricação: junho 2019, Validade: junho 2021.

- Óleo essencial de Citronela (*Cymbopogon winterianus*) Ferquima, lote 158. Fabricação: agosto 2019. Validade: agosto 2021.

- Óleo essencial de Alecrim (*Rosmarinus officinalis*), Destilaria Bauru, lote DBKT-ALIP1218/312. Fabricação: dezembro 2018. Validade: dezembro 2020.

- Óleo fixo de Nim (*Azadirachta indica*), Ltda. Fabricação: fevereiro 2019. Validade: fevereiro 2021.

- Óleo de gengibre (*Zingiber officinale*) Extração: os rizomas adquiridos comercialmente foram triturados, misturados com água destilada e colocados em um balão de destilação com capacidade de dois litros, em um aparelho Clevenger, o qual realiza a extração do óleo por meio da hidrodestilação, conforme a metodologia descrita por Bravim dos Santos et al. (2021). Após o período de quatro horas, a mistura de óleos com a água (hidrolato) foi submetido à centrifugação a 6.000 rpm pelo período de 10 minutos, com o intuito de separar as fases óleo e água. Após a separação do óleo, o mesmo foi coletado e armazenado sob refrigeração a temperatura inferior a -5°C.

- Composto majoritário D-limoneno, Fraction – Químicos Fracionados, lote 190715/01. Fabricação: julho 2019. Validade: julho 2021.

- Composto majoritário cânfora, Distriol – Comércio e Insumos Ltda, lote 2081/22782. Fabricação 23/05/2019. Validade: maio 2021.

- Composto majoritário Citral – Jacy Fragrancias. Validade: abril de 2018. A pureza foi confirmada por análise de CG/EM.

- Composto majoritário Citronelal – Sigma Aldrich, pureza $\geq 95\%$

- Composto majoritário Eucaliptol: Sigma Aldrich, natural, pureza $\geq 99\%$

3.2.3 Caracterização dos óleos essenciais

Os óleos essenciais foram analisados em cromatografo gasoso com detector de ionização em chama (CG-DIC) (equipamento da marca Shimadzu modelo GC-2010 Plus) e em cromatografo gasoso acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM) (marca Shimadzu modelo QPMS-2010 Plus) seguindo a metodologia descrita por Bravim dos Santos et al. (2021). Para os dois equipamentos foi utilizada coluna capilar de sílica fundida RTx-5MS de

30,0 m de comprimento, espessura de 0,25 mm e 0,25 µm de filme de fase estacionária. O gás de arraste usado no CG-DIC foi o N₂ e no CG-MS foi o He ambos com velocidade de fluxo na coluna de 3,0 mL/min. O aquecimento do forno seguiu uma programação com aumento linear da temperatura que iniciou a 40°C e aumentou a uma taxa de 3°C/min até atingir a temperatura de 240°C. A temperatura do injetor e detector foram mantidas constantes a 250 e 280°C respectivamente. Foi utilizada uma razão split de 1:30. O equipamento de CG-MS operou por impacto eletrônico a 70eV, velocidade de escaneamento de 1000, intervalo de 0,50 fragmentos/segundo e sendo detectados fragmentos de massa/carga de 29 a 400. A identificação dos compostos presentes nos óleos essenciais foi realizada por comparação do espectro de massas das substâncias com aqueles disponíveis nas espectrotescas Wiley7, Nist05 e Nist05s e índices de retenção LTPRI (Índice de retenção para programação linear de temperatura). Uma mistura de n-alcenos lineares (C7-C40) foi usada para o cálculo dos índices LTPRI que após calculados foram comparados com os dados da literatura (ADAMS, 2007; NIST, 2011). Foram considerados para identificação todos os compostos que possuíam área relativa superior a 0,5% presentes nos óleos essenciais. Para o cálculo da porcentagem em área relativa de cada composto foi considerada a razão entre a área do pico dele e a área total de todos os picos presentes no cromatograma obtido por análise de CG-DIC.

As análises de CG-DIC foram realizadas na Central Analítica do Laboratório de Fitoquímica e Catálise do IFES – Campus de Alegre e as análises de CG-MS foram feitas na Central Analítica 1 do CCENS – UFES.

3.2.4 Mortalidade de larvas de *L. sativae* submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais e compostos majoritários

Para o teste de mortalidade, as soluções de cada um dos óleos e dos compostos majoritários foram preparadas de acordo com a metodologia de Mc Donnell et al. (2016) com adaptações, por meio da mistura do óleo com Tween 80 a 0,05% v/v e adição de água para obter a concentração de 2% v/v. Como testemunha foi utilizada água com Tween 80 a 0,05%. Os bioensaios com óleos foram realizados separadamente dos bioensaios com compostos majoritários.

Para efeito de padronização do tamanho dos indivíduos, discos foliares de 1cm foram cortados contendo uma larva com três dias de idade de *L. sativae* (Figura 1A). Os discos foram imersos durante o período de cinco segundos na solução de óleo ou compostos majoritários a 2% (Figura 1B), baseado na metodologia de Ferguson (2004) e Oliveira et al. (2020), com adaptações.

Posteriormente, os discos foliares foram acondicionados em recipiente plástico redondo com 6 cm de diâmetro, sob papel filtro, vedados com filme plástico PVC (Figura 1C) e mantidos a temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$.

As avaliações foram realizadas quatro dias após a exposição das larvas às soluções de óleos ou compostos majoritários mediante à contagem do número de pupas formadas (Figura 1D).

O delineamento foi inteiramente casualizado com 10 repetições, em que cada recipiente plástico foi considerado uma repetição, a qual continha 10 discos foliares com 10 larvas de *L. sativae*. A mortalidade foi corrigida através da fórmula de Abbott (1925), submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas no software estatístico R (R Development Core Team, 2019).

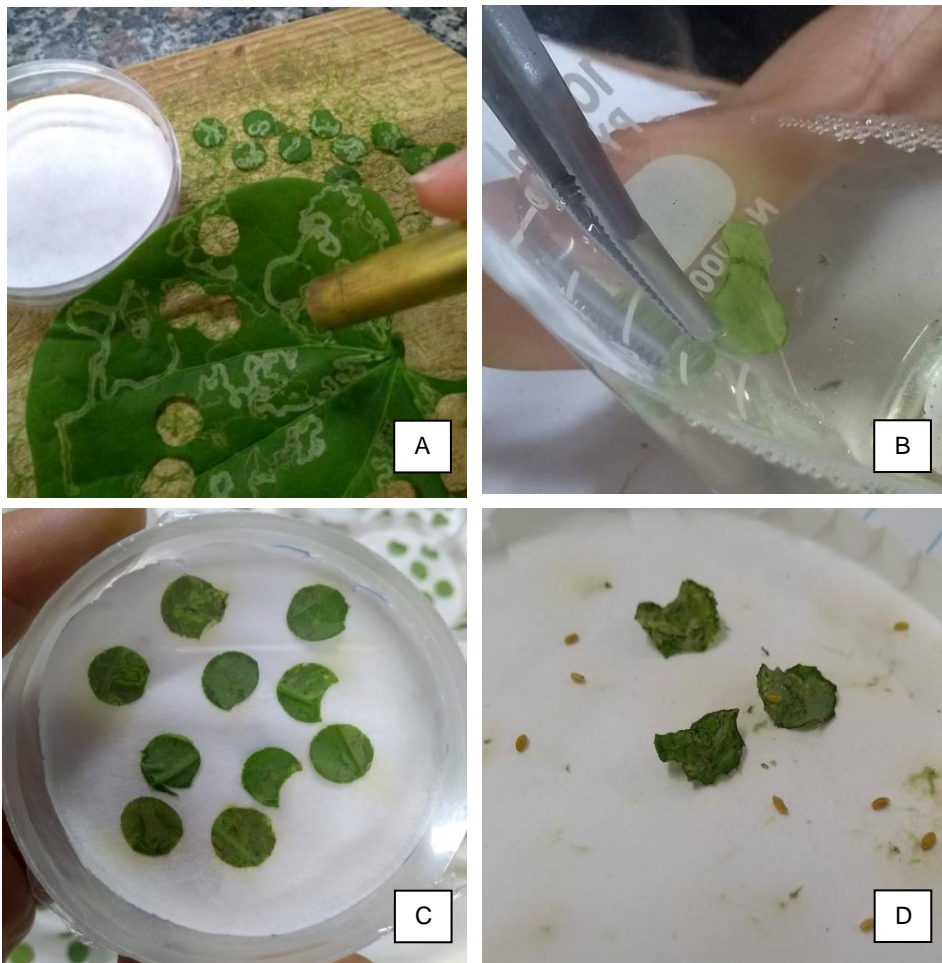


Figura 1. Bioensaio de mortalidade de óleos e compostos majoritário sob larvas de *Liriomyza sativae*. (A) Discos foliares contendo larva de *L. sativae* (B) Imersão dos discos foliares em solução contendo óleos ou compostos majoritários (C) Recipiente plástico com discos foliares tratados com óleos ou compostos majoritários (D) Pupas de *L. sativae*.

3.2.5 Estimativa da concentração letal de óleos essenciais e compostos majoritários

Para a determinação da concentração letal, foram selecionados os óleos que apresentaram mortalidade superior a 80% na concentração a 2% v/v. A metodologia para obtenção dos valores dos limites inferiores (mortalidade de aproximadamente 10%) e superiores (mortalidade superior a 80%) de cada um dos óleos e dos compostos majoritários e suas respectivas concentrações foi semelhante à adotada para o ensaio de mortalidade.

Foram utilizadas as seguintes concentrações (% v/v) para os óleos essenciais:

Óleo de citronela (*C. winterianus*): 0,000; 0,016; 0,037; 0,056 0,085; 0,130 e 0,200.

Óleo de alecrim (*R. officinalis*): 0,000; 0,080; 0,092; 0,120; 0,147; 0,180 e 0,332.

Óleo de eucalipto (*E. citriodora*): 0,000; 0,050; 0,120; 0,180; 0,280; 0,420; 0,650.

Óleo de gengibre (*Z. officinale*): 0,000; 0,050; 0,071; 0,085; 0,145; 0,172; 0,206.

Para os compostos majoritários, foram utilizadas as seguintes concentrações em % v/v:

Citral: 0,000; 0,020; 0,027; 0,035; 0,081; 0,107; 0,143; 0,188.

Citronelal: 0,000; 0,050; 0,064; 0,083; 0,139; 0,300; 0,386.

D-limoneno: 0,000; 0,100; 0,130; 0,170; 0,210; 0,360; 0,770.

O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em que cada recipiente foi considerado uma repetição contendo 10 discos foliares com 1 larva de *L. sativae* em cada disco. Para a estimativa das concentrações letais, os dados foram submetidos à análise de Probit (FINNEY, 1971). As análises foram realizadas no software estatístico R (R Development Core Team, 2019). O bioensaio foi realizado duas vezes para cada um dos óleos e dos compostos majoritários.

3.2.6 Deterrência à adultos de *L. sativae* em plantas submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais e compostos majoritários

Para os testes de deterrência foram utilizados os mesmos óleos e compostos majoritários avaliados para mortalidade e determinação da concentração letal. As soluções foram preparadas de acordo com a metodologia de Mc Donnell et al. (2016) na concentração de 2% (v/v).

O experimento foi realizado em plantas de feijão de porco com 15 dias de idade as quais foram submetidas à aplicação com aerógrafo (pressurização máxima 25psi) de 1mL das

soluções dos óleos ou compostos majoritários (Figura 2A). Posteriormente, as plantas foram deixadas sobre bancada até a secagem das folhas.

Após a secagem das folhas, as plantas foram colocadas em gaiolas cilíndricas (1m x 0,5m) confeccionadas em tecido não tecido (TNT) e armação de arame, com base de papelão (Figura 2B). Foram liberados 24 casais de *L. sativae* com quatro a seis dias de idade em cada uma das gaiolas (Figura 3C). A idade utilizada para os adultos correspondeu ao período de maior taxa de oviposição de fêmeas de *L. sativae* (COSTA LIMA; GEREMIAS; PARRA, 2010). Em cada uma das gaiolas foi colocado uma solução de mel a 10% v/v como substrato alimentar para os adultos.

Após o período de 24 horas, as plantas foram retiradas da gaiola e foi realizada a contagem do número puncturas nas folhas (Figura 2D). Posteriormente, as plantas foram mantidas em câmaras climatizadas sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$. Após quatro dias foi realizada a contagem do número de larvas de *L. sativae* em cada uma das folhas.

O delineamento foi inteiramente casualizado, com seis repetições em que cada folha da planta foi considerada uma repetição. Foi realizado o cálculo do índice de deterrência (ID), de acordo com Mendonza-Garcia et al. (2019), através da fórmula $ID = 2TR / (TR + T)$, adaptada, em que TR corresponde ao número de larvas no tratamento e T o número de larvas na testemunha. O índice foi classificado como $ID = 1$ neutro, $ID < 1$ deterrente e $ID > 1$ atraente. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas no software estatístico R (R Development Core Team, 2019).

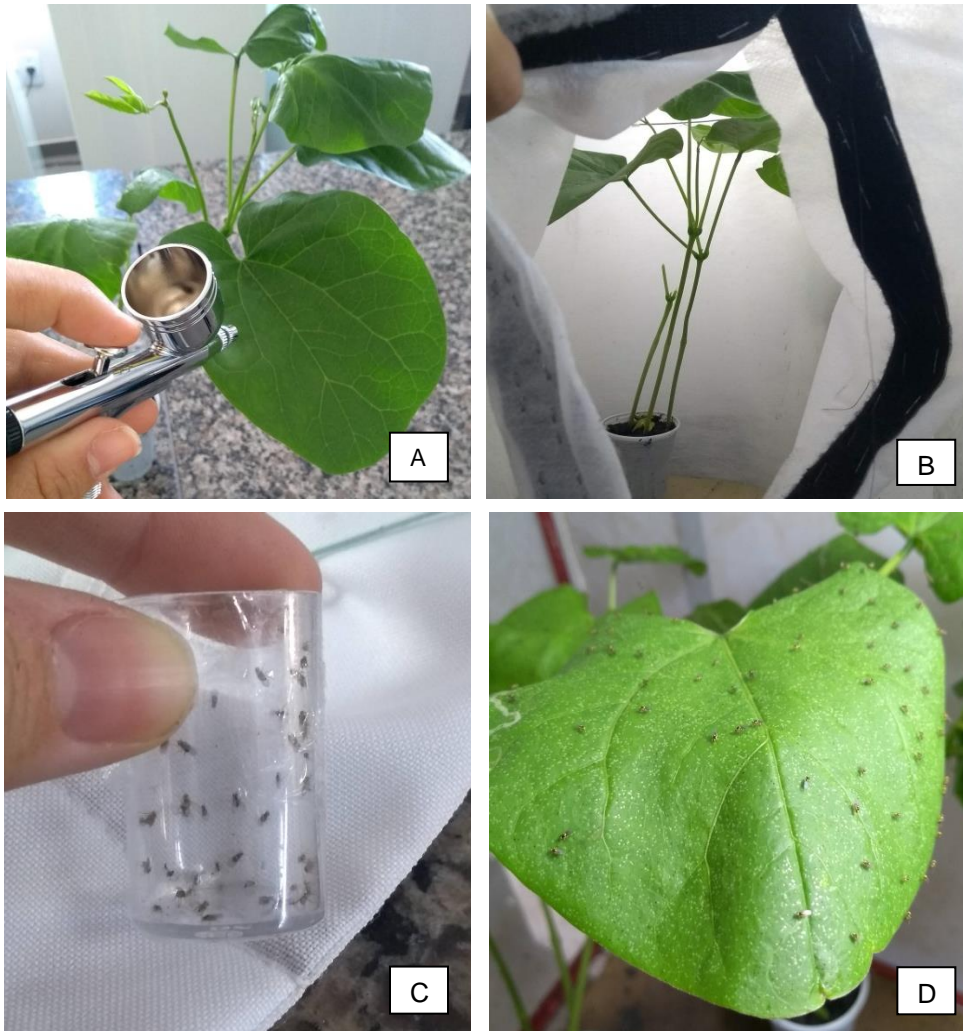


Figura 2 Bioensaio de deterrência à adultos de *Liriomyza sativae* em plantas submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais ou compostos majoritários. (A) Aplicação das soluções utilizando aerógrafo em folhas de feijão de porco. (B) Plantas em gaiolas de TNT. (C) Adultos de *L. sativae* (D) Adultos e puncturas de *L. sativae* em folhas de feijão de porco.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Caracterização química dos óleos essenciais

Na análise cromatográfica do óleo essencial de alecrim (*R. officinalis*) foi possível identificar 16 componentes o que correspondeu a 98,53% dos compostos presentes óleo em termos de área relativa: 1,8 cineol/eucaliptol (32%), cânfora (20,48%), α -pineno (18,73%), canfeno (7,0%), β -pineno (3,37%), α -terpineol (2,74%), *p*-cimeno (2,53), borneol (2,36%), linalol (2,10%), acetato de isobornila (1,94%), mirceno (1,79%), geraniol (1,16%), triciclono (1,06%), terpinen-4-ol (0,76%) e γ -terpineno (0,52%) (Tabela 1).

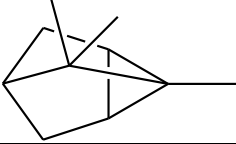
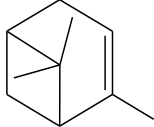
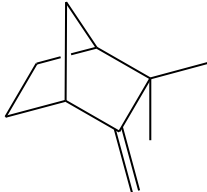
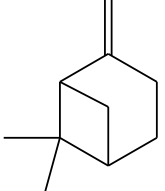
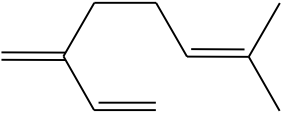
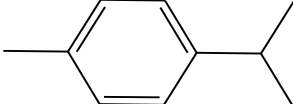
Para o óleo essencial de citronela (*C. winterianus*), foram identificados 98,11% da composição em relação a área relativa o que correspondeu a 14 compostos: citronelal (42,52%), geraniol (21,64%), citronelol (15,72%), acetato de geraniol (3,33%), citronelil acetato (3,10%), elemol (2,26%), δ -cadineno (2,10%), germacreno D (2,09%), β -elemeno (1,35%), limoneno (1,03%), α -muuroleno (0,95%), isopulegol (0,72%), linalol (0,66%) e γ -cadineno (0,64%) (Tabela 2).

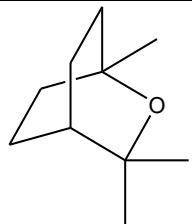
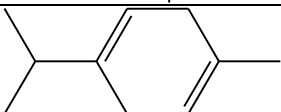
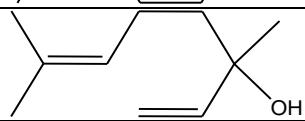
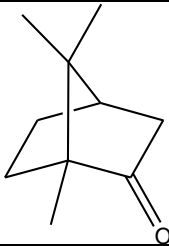
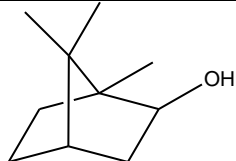
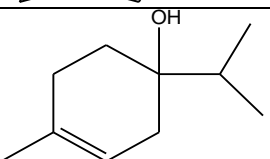
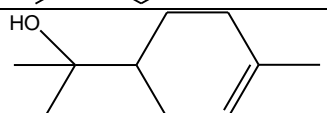
Um total de 5 compostos foram identificados no óleo essencial de eucalipto (*E. citriodora*), correspondendo a 97,94% da composição total: citronelal (78,32%), citronelol (9,90%), isopulegol (7,28%), citronelil acetato (1,23 %), E- cariofileno (1,21%) (Tabela 3).

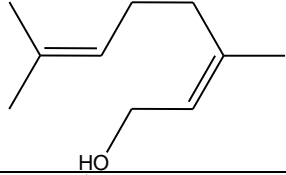
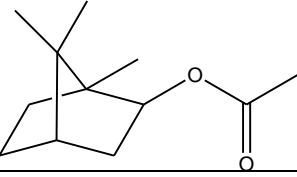
Para o óleo de gengibre (*Z. officinale*) foram identificados 20 compostos correspondendo a 87,53% da área relativa total: α -zingibereno (16,34%), geraniol (12,23%), neral (9,06%), α -farneseno (8,97%), β -sesquifelandreno (7,22%), canfeno (2,88%), eucaliptol (5,53%), β -felandreno (5,04%), α -curcumeno (5,02%), α -pineno (1,64%), citronelol (1,57%), mirceno (1,47%), borneol (1,35%), geraniol (1,17%), α -terpineol (1,06%), α -amorfeno (1,00%), linalol (0,91%), 2-heptanol (0,79%), germacreno-B (0,64%) e (*E*) *trans-nerolidol* (0,64%) (Tabela 4).

A composição química do óleo de limão siciliano (*C. limon*) apresentou 8 compostos sendo 100% dos compostos identificados: limoneno (75,08%), β -pineno (12,76%), γ -terpineno (7,08%), α -pineno (1,68%), mirceno (1,53%), geraniol (0,81%), neral (0,61%), β -bisaboleno (0,45%) (Tabela 5).

Tabela 1 Composição química do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*).

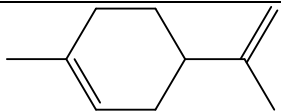
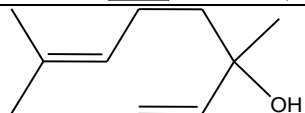
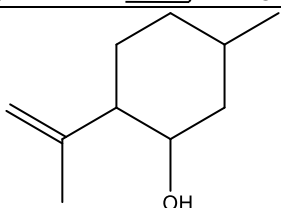
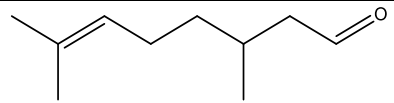
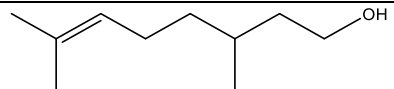
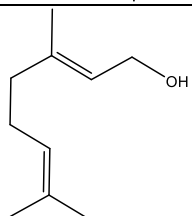
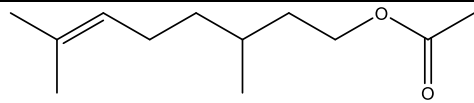
Pico	Índice LTPRI calculado	Índice teórico	Nome da Substância	Estrutura	Área Relativa (%)	% Similaridade MS
1	727		NI		0,88	
2	918	921	triciclono		1,06	96
3	930	932	α -pineno		18,73	97
4	944	946	canfeno		7,00	96
5	972	974	β -pineno		3,37	97
6	991	988	mirreno		1,79	96
7	1023	1020	p-cimeno		2,53	96

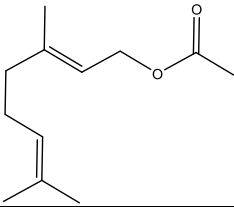
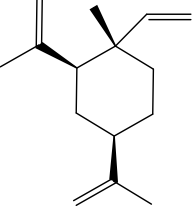
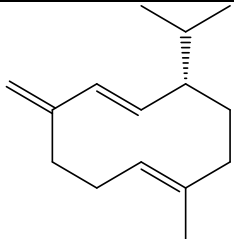
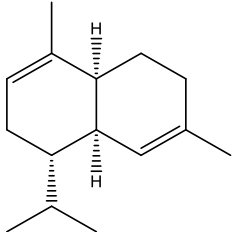
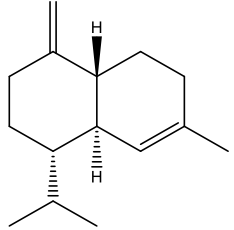
8	1029	1026	1,8-cineol // eucaliptol		32,00	97
9	1057	1054	γ -terpineno		0,52	94
10	1101	1095	linalol		2,10	95
11	1142	1141	canfora		20,48	98
12	1154	1155	isoborneol		2,36	95
13	1175	1174	Terpinen-4-ol		0,76	94
14	1189	1186	α -terpineol		2,74	95

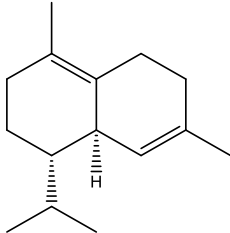
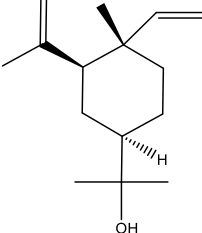
15	1256	1249	geraniol		1,16	91
16	1285	1283	Isobornil acetato		1,93	95
17	1949,0		NI		0,59	

Hidrocarbonetos Monoterpênicos	35,00 %
Monoterpenos oxigenados	63,53 %
Hidrocarbonetos Sesquiterpênicos	0 %
Sesquiterpenos oxigenados	0 %
Não Identificados	1,47 %

Tabela 2 Composição química do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*).

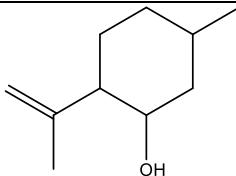
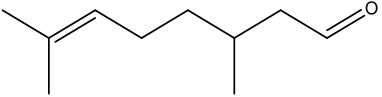
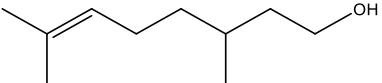
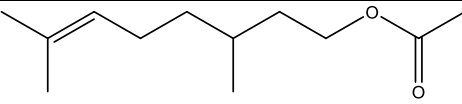
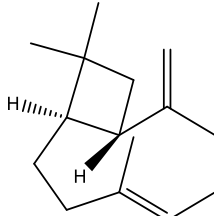
Pico	Índice LTPRI calculado	Índice teórico	Nome da Substância	Estrutura	Área Relativa (%)	% Similaridade MS
1	1026	1024	limoneno		1,03	94
2	1101	1095	Linalol		0,66	94
3	1143	1145	isopulegol		0,72	96
4	1156	1148	citronelal		42,52	96
5	1232	1223	citronelol		15,72	96
6	1259	1249	geraniol		21,64	95
7	1354	1350	Citronelil acetato		3,10	95

8	1385	1379	Acetato do geraniol		3,33	97
9	1389	1389	β -elemeno		1,35	95
10	1411		NI		0,88	
11	1477	1484	Germacreno D		2,09	94
12	1500	1500	α -Muuroleno		0,95	94
13	1510	1513	γ -cadineno		0,64	93

14	1521	1522	δ -cadineno		2,10	92
15	1547	1548	Elemol		2,26	91
16	1752		NI		1,01	

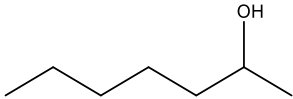
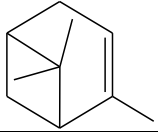
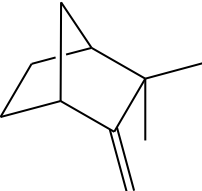
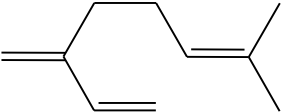
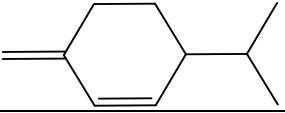
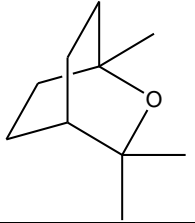
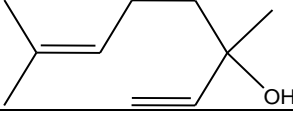
Hidrocarbonetos Monoterpênicos	1,03 %
Monoterpenos oxigenados	87,69 %
Hidrocarbonetos Sesquiterpênicos	7,13 %
Sesquiterpenos oxigenados	2,26 %
Não Identificados	1,89 %

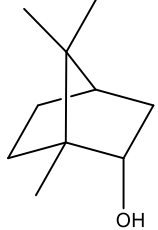
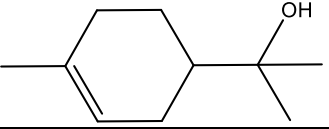
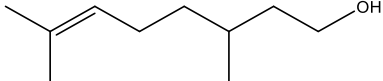
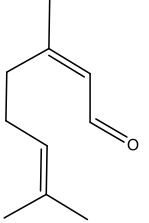
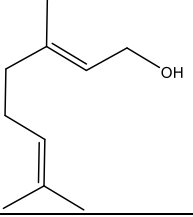
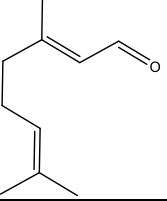
Tabela 3 Composição química do óleo essencial de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*).

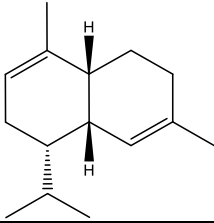
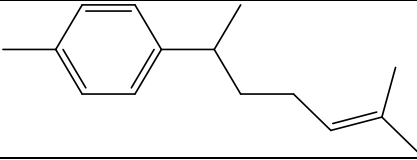
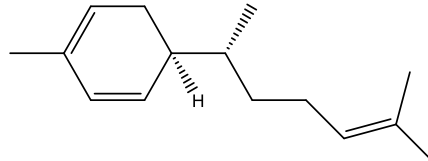
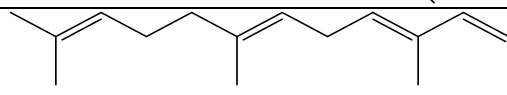
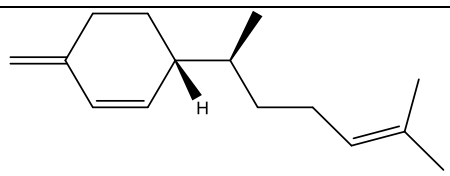
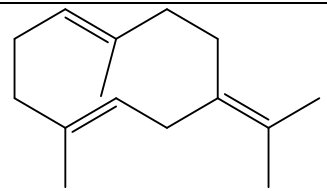
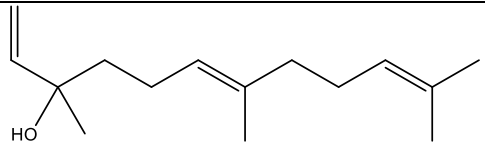
Pico	Índice LTPRI calculado	Índice teórico	Nome da Substância	Estrutura	Área Relativa (%)	% Similaridade MS
1	1144	1145	Isopulegol		7,28	97
2	1158	1148	citronelal		78,32	95
3	1232	1223	citronelol		9,90	95
4	1333		NI		0,81	
5	1354	1350	Acetato do citronelol		1,23	94
6	1411		NI		1,25	
7	1414	1417	E-cariofileno		1,21	95

Hidrocarbonetos Monoterpênicos	0
Monoterpenos oxigenados	96,73%
Hidrocarbonetos Sesquiterpênicos	1,21%
Sesquiterpenos oxigenados	0
Não Identificados	2,06%

Tabela 4 Composição química do óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale*).

Pico	Índice LTPRI calculado	Índice teórico	Nome da Substância	Estrutura	Área Relativa (%)	% Similaridade MS
1	904	894	2-heptanol		0,79	93
2	930	932	α -pineno		1,64	96
3	944	946	canfeno		5,88	95
4	991	988	mirreno		1,47	95
5	1026	1025	β -felandreno		5,04	92
6	1028	1026	1,8-cineol // eucaliptol		5,53	96
7	1100	1095	linalol		0,91	93

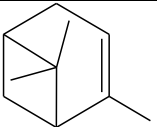
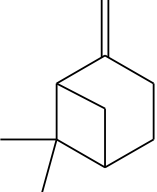
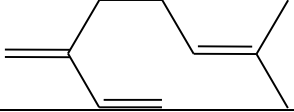
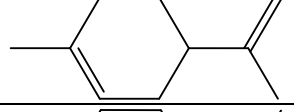
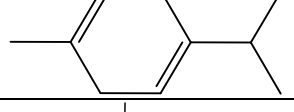
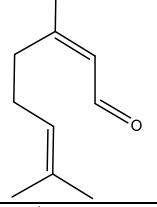
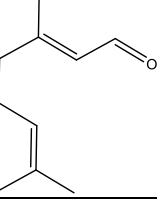
8	1163	1165	borneol		1,35	94
9	1189	1186	α -terpineol		1,06	93
10	1230	1223	citronelol		1,57	93
11	1241	1235	neral		9,06	95
12	1256	1249	geraniol		1,17	91
13	1272	1264	geranial		12,23	97
14	1420		NI		3,77	
15	1441	1476	NI		6,67	

16	1477	1483	α -amorfeno		1,00	88
17	1481	1479	α -curcumeno		5,02	96
18	1494	1493	α -zingibereno		16,34	90
19	1507	1505	α -farneceno		8,97	93
20	1522	1521	β -sesquifelandreno		7,22	90
21	1552	1559	germacreno B		0,64	80
22	1562	1561	(E)trans-nerolidol		0,64	85

23	1611	NI	0,91
24	1687	NI	1,12

Hidrocarbonetos Monoterpênicos	14,03 %
Monoterpenos oxigenados	32,88 %
Hidrocarbonetos Sesquiterpênicos	39,19 %
Sesquiterpenos oxigenados	0,64 %
Não Identificados	12,47 %
Outros	0,49 %

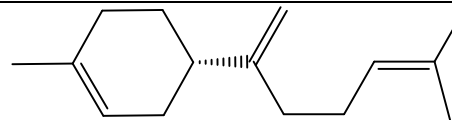
Tabela 5 Composição química do óleo essencial de limão siciliano (*Citrus limon*)

Pico	Índice LTPRI calculado	Índice teórico	Nome da Substância	Estrutura	Área Relativa (%)	% Similaridade MS
1	930	932	α -pineno		1,68	96
2	972	974	β -pineno		12,76	97
3	991	988	mirreno		1,53	95
4	1029	1024	limoneno		75,08	95
5	1057	1054	γ -terpineno		7,08	97
6	1241	1235	neral		0,61	94
7	1271	1264	geranial		0,81	95

8

1506

1505

 β -bisaboleno

0,45

91

Hidrocarbonetos Monoterpênicos	98,13 %
Monoterpenos oxigenados	1,42 %
Hidrocarbonetos Sesquiterpênicos	0,45 %
Sesquiterpenos oxigenados	0
Não Identificados	0

3.3.2 Mortalidade de larvas de *L. sativae* submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais ou compostos majoritários

Os maiores valores de mortalidade na concentração 2% v/v foram ocasionados pelos óleos essenciais de alecrim (*R. officinalis*), citronela (*W. winterianus*), eucalipto (*E. citriodora*) e gengibre (*Z. officinale*), com médias de $97,72 \pm 0,05\%$, $98,86 \pm 0,03\%$, $94,31 \pm 0,18\%$ e $98,86 \pm 0,03\%$, respectivamente, as quais não diferenciaram significativamente entre si. As mortalidades ocasionadas pelo óleo de nim (*A. indica*) ($48,86 \pm 0,24\%$) e de limão siciliano (*C. limon*) ($57,77 \pm 0,19\%$) não diferenciaram entre si, porém diferenciaram das mortalidades superiores a 90% ($F = 20,67$, $p < 0,01$) (Tabela 6).

Tabela 6 Mortalidade (\pm desvio padrão) de larvas de *Liriomyza sativae* com três dias de idade após a exposição a óleos fixos e essenciais na concentração de 2%, em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$.

Óleo (2%)	Média de indivíduos mortos	Mortalidade corrigida (\pm DP) (%)
Eucalipto	$9,5 \pm 1,58$	$94,31 \pm 0,18$ a*
Citronela	$9,9 \pm 0,31$	$98,86 \pm 0,03$ a
Alecrim	$9,8 \pm 0,42$	$97,72 \pm 0,05$ a
Gengibre	$9,9 \pm 0,31$	$98,86 \pm 0,03$ a
Limão Siciliano	$6,2 \pm 2,12$	$57,77 \pm 0,19$ b
Nim	$5,5 \pm 2,12$	$48,86 \pm 0,24$ b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

Quanto aos compostos majoritários, não houve diferença significativa entre as mortalidades ocasionadas pelo citral ($100 \pm 0,00\%$), citronelal ($100 \pm 0,00\%$) e d-limoneno ($91,48 \pm 0,08\%$). O eucaliptol ocasionou mortalidade de $23,40\% \pm 0,12\%$ e a cânfora mortalidade de $21,48 \pm 0,26\%$, os quais não diferenciaram significativamente entre si, porém diferenciaram dos demais compostos majoritários ($F = 90,32$, $p < 0,01$). (Tabela 7).

Tabela 7 Mortalidade (\pm desvio padrão) de larvas de *Liriomyza sativae* com três dias de idade após a exposição a compostos majoritários de óleos essenciais na concentração de 2%, em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$.

Composto majoritário (2%)	Média de indivíduos mortos	Mortalidade corrigida (\pm DP) (%)
D-limoneno	$9,2 \pm 0,27$	$91,48 \pm 0,08$ a*
1,8Cineol/Eucaliptol	$2,8 \pm 0,12$	$23,40 \pm 0,12$ b
Cânfora	$2,5 \pm 0,27$	$21,48 \pm 0,26$ b
Citral	$10 \pm 0,00$	$100,00 \pm 0,00$ a
Citronelal	$10 \pm 0,00$	$100,00 \pm 0,00$ a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

3.3.3 Determinação da concentração letal de óleos essenciais e compostos majoritários

As concentrações letais (% v/v) mais baixas consideradas mais tóxicas foram as dos óleos essenciais de citronela (*W. winterianus*) $CL_{50} = 0,11\%$ v/v (0,09 - 0,14), gengibre (*Z. officinale*) $CL_{50} = 0,15\%$ v/v (0,13 - 0,18) e do composto majoritário citral presente no óleo essencial de gengibre $CL_{50} = 0,13\%$ v/v (0,09 - 0,19). O óleo essencial de eucalipto (*E. citriodora*) apresentou $CL_{50} = 0,22\%$ v/v (0,19 - 0,29) diferenciando do óleo essencial de alecrim (*R. officinalis*) $CL_{50} = 0,48\%$ v/v (0,31 - 1,72) e dos compostos majoritários citronelal, presente nos óleos essenciais de eucalipto e citronela, e o d-limoneno, presente no óleo essencial de limão siciliano apresentaram $CL_{50} = 0,38\%$ v/v (0,25 - 0,92) e $CL_{50} = 0,87\%$ v/v (0,53 - 2,90), respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 Concentração letal (CL_{50}), inclinação (\pm erro padrão) da curva, Qui-Quadrado (χ^2) dos óleos e compostos majoritários em larvas de *Liriomyza sativae* em laboratório sob temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60\pm 10\%$.

Óleo/Composto majoritário	GL ¹	N ²	Inclinação \pm EP ³	CL_{50} (IC ₉₅ ⁴) (% v/v)	χ^2
Citronela	5	1000	2,03 \pm 0,14	0,11 (0,09 – 0,14)	2,32
Alecrim	5	1000	1,36 \pm 0,11	0,48 (0,31 – 1,72)	0,812
Eucalipto	5	1000	2,50 \pm 0,35	0,22 (0,19 - 0,29)	6,83
Gengibre	5	1000	2,64 \pm 0,24	0,15 (0,13 – 0,18)	3,41
Citral	5	1000	1,60 \pm 0,20	0,13 (0,09 – 0,19)	9,21
Citronelal	5	1000	1,05 \pm 0,24	0,38 (0,25 – 0,92)	8,69
D-limoneno	5	1000	1,11 \pm 0,19	0,87 (0,53 – 2,90)	4,22

¹GL: Graus de liberdade; ²N: Número de insetos utilizados no bioensaio; ³EPM: Erro padrão médio; ⁴IC95: Intervalo de confiança das CL50 95% de probabilidade; χ^2 : Qui-quadrado

3. 3. 4 Deterrência à adultos de *L. sativae* em plantas submetidas à aplicação de óleos fixos, essenciais ou compostos majoritários

Todos os números de puncturas e de larvas foram inferiores na presença dos óleos em comparação a testemunha. Para o número de puncturas, o menor valor foi para o óleo de nim (*A. indica*) (44,83 \pm 10,30), seguido dos óleos de eucalipto (*E. citriodora*) (92,67 \pm 31,46), citronela (*C. winterianus*) (97,67 \pm 12,97) e alecrim (*R. officinalis*) (101,00 \pm 35,41), os quais não diferenciaram entre si ($F = 28,67$, $p < 0,01$). O óleo de nim (*A. indica*) ocasionou o menor número de larvas de *L. sativae* (5,67 \pm 2,33) e o menor índice de deterrência (0,221 \pm 0,08) diferenciando-se dos demais ($F = 12,18$, $p < 0,01$). Os óleos de alecrim (*R. officinalis*), citronela (*C. winterianus*) e limão siciliano (*C. limon*) também ocasionaram

redução no número de larvas com valores de $15,83 \pm 3,76$, $14,67 \pm 7,20$ e $11,17 \pm 2,13$, respectivamente, cuja diferença significativa não foi observada entre os mesmos ($F= 25,26$, $p < 0,01$). Quanto a classificação da deterrência, todos os óleos foram classificados como deterrentes por apresentaram valores inferiores a 1 (Tabela 9).

Tabela 9 Número médio de puncturas (\pm desvio padrão), número médio de larvas de *Liriomyza sativae* (\pm desvio padrão) e índice de deterrência (\pm desvio padrão), em plantas submetidas aplicação de óleos essenciais e fixos em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$.

Óleos (2%)	Número de puncturas (\pm DP)	Número de larvas (\pm DP)	Índice de deterrência (ID) (\pm DP) ¹	Classificação de Deterrência ²
Testemunha	233,67 \pm 37,94 a*	44,83 \pm 10,38 a	-	-
Eucalipto	92,67 \pm 31,46 d	20,50 \pm 5,64 b	0,617 \pm 0,13 a	D
Citronela	97,67 \pm 12,97 d	14,67 \pm 7,20 c	0,477 \pm 0,15 b	D
Alecrim	101,00 \pm 35,41 d	15,83 \pm 3,76 c	0,517 \pm 0,08 b	D
Gengibre	176,67 \pm 25,53 b	22,50 \pm 10,07 b	0,646 \pm 0,17 a	D
Limão Siciliano	123,83 \pm 18,54 c	11,17 \pm 2,13 c	0,396 \pm 0,06 c	D
Nim	44,83 \pm 10,30 e	5,67 \pm 2,33 d	0,221 \pm 0,08 d	D

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

¹Índice de deterrência adaptado de Mendonza-García *et al.* 2019

²Classificação do índice de deterrência: DI = 1 Neutro, DI < 1 = deterrente, DI > 1 atraente.

Não houve diferença significativa para o número de puncturas ($F= 3,29$, $p = 0,017$) número de larvas ($F= 8,36$, $p < 0,01$) e índice de deterrência ($F= 2,12$, $p = 0,10$) entre os compostos majoritários, porém ambos diferiram-se estatisticamente da testemunha (Tabela 10). Todos os compostos majoritários foram classificados como deterrentes por apresentaram valores inferiores a 1.

Tabela 10 Número médio de puncturas (\pm desvio padrão), número médio de larvas (\pm desvio padrão) e índice de deterrência (\pm desvio padrão) em plantas submetidas aplicação de compostos majoritários em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$.

Compostos majoritários (2%)	Número de puncturas (\pm DP)	Número de larvas (\pm DP)	Índice de deterrência (ID) (\pm DP) ¹	Classificação de Deterrência ²
Testemunha	215,17 \pm 17,56 a*	41,33 \pm 12,33 a	-	-
D-limoneno	142,00 \pm 62,78 b	13,83 \pm 4,530 b	0,464 \pm 0,11 a	D
1,8 Cineol/Eucaliptol	139,67 \pm 29,17 b	18,00 \pm 4,930 b	0,598 \pm 0,12 a	D
Cânfora	162,50 \pm 21,89 b	11,66 \pm 8,040 b	0,387 \pm 0,21 a	D
Citral	135,50 \pm 55,78 b	22,16 \pm 15,06 b	0,642 \pm 0,28 a	D
Citronelal	163,17 \pm 30,24 b	17,50 \pm 2,340 b	0,593 \pm 0,05 a	D

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

¹Índice de deterrência adaptado de Mendonza-García *et al.* 2019

²Classificação do índice de deterrência: RI = 1 Neutro, RI < 1 = repelente, RI > 1 atraente.

3.4 DISCUSSÃO

Os principais constituintes encontrados no óleo essencial de alecrim (*R. officinalis*) foram o 1,8 cineol/eucaliptol (32,00%), a cânfora (20,48%) e o α -pineno (18,73%). Resultados semelhantes foram encontrados no óleo essencial da mesma espécie vegetal por Mursia-Meseguer et al., (2018) e Bedini et al. (2020) em que o 1,8 cineol/eucaliptol estava presente com mais de 30% de área relativa. Resultados distintos foram encontrados por Katerinopoulos et al. (2005), Ainane et al., (2019) e Mendonza-Garcia et al., (2019) em que a cânfora foi o constituinte majoritário principal, seguido pelo 1,8 cineol/eucaliptol e β -cariofileno.

Para o óleo essencial de citronela (*C. winterianus*), alguns dos compostos majoritários identificados foram o citronelal (42,52%), seguido pelo geraniol (21,64%) e citronelol (15,72%). Esses resultados são coincidentes com os dados obtidos por Mursia-Meseguer et al., (2018) em que o aldeído citronelal apresentou-se também com mais de 40% da composição, assim como para Devi et al. (2020b) e Hazarika et al. (2020). O citronelal (78,32%) também foi o composto majoritário principal encontrado no óleo essencial de eucalipto (*E. citriodora*), assemelhando-se aos resultados da caracterização química do óleo dessa espécie encontrados por Olivero-Verbel et al. (2010), Bossou et al. (2015) e Cruz et al., (2017).

O óleo essencial de gengibre (*Z. officinale*) apresentou em sua composição os compostos α -zingibereno (16,34%), geranial (12,23%), neral (9,06%) e α -farneseno (8,97%) com os maiores valores de área relativa. É interessante pontuar que o citral é um composto comercial que consiste na mistura dos isômeros geranial e neral que juntos correspondem a 21,29% da composição do óleo essencial de gengibre analisado nesse trabalho. O composto α -zingibereno foi encontrado por Parreira et al., (2018) e Ataíde et al. (2020) como o constituinte com maior porcentagem na composição total. Por outro lado, o geranial foi superior em resultados obtidos por Debogue et al. (2011), em que o tempo de secagem dos rizomas influenciou na quantidade obtida desses compostos.

A composição química do óleo essencial de limão siciliano apresentou o limoneno (75,08%) como o principal constituinte, seguido pelo β -pineno (12,76%) e γ -terpineno (7,08%). Resultados semelhantes foram encontrados por Caputo et al. (2020) e Paw et al. (2020), em que o limoneno foi com composto com maior área relativa, seguido pelos mesmos compostos encontrados no presente estudo. Por outro lado, em outro estudo, embora o limoneno tenha sido o constituinte com maior porcentagem na composição, os outros

componentes com maior área relativa foram sabineno (15,9%), citronelal (11,6%) e linalol (4,6%) (KLIMEK-SZCZYKUTOWICZ et al., 2020).

A variação na concentração dos compostos majoritários presentes em alguns dos óleos essenciais foi evidente no presente trabalho quando comparado a outros estudos. Essa alteração na composição química dos óleos essenciais pode ocorrer devido a fatores como a distribuição geográfica, ou seja, locais em que as plantas se desenvolveram (PANDY et al. 2003; MARZOUK et al., 2008; CHAABAN et al., 2019) bem como as condições em se desenvolveram como temperatura, umidade relativa, luminosidade e precipitação (VIEIRA; SIMON 2000; BOUKHEBTI et al., 2011; RODRIGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2020).

Os óleos essenciais utilizados no presente estudo foram provenientes de plantas pertencentes às famílias botânicas Rutaceae, Lamiaceae e Myrtaceae as quais foram relatadas como potentes inseticidas botânicos tóxicos às ordens Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera e Isoptera (MOSSA, 2016; ZIMMERMANN et al., 2021), assim como a família Poaceae (PLATA; RUEDA, 2020) e Zingiberaceae (BABARINDE et al., 2018). O efeito tóxico dos óleos testados sobre as larvas de *L. sativae* foi diferente em comparação a outros grupos de insetos submetidos à aplicação dos óleos da mesma espécie vegetal e na mesma concentração. Esse padrão de resposta é variável de acordo com a composição do óleo e com características da espécie alvo, como peso, espessura ou dano ocasionado na cutícula e conseqüentemente ao nível de absorção dos compostos químicos presentes nos óleos essenciais (GILLOTT, 2005; DEVI et al. 2020a), além do estágio de desenvolvimento (RAJASHEKAR et al. 2014; KIRAN; PRAKASH 2015).

O óleo essencial de citronela (*C. winterianus*) apresentou toxicidade elevada às larvas de *L. sativae*, representada por valores baixos de CL_{50} (0,11% v/v) em comparação aos outros óleos. Devi et al. (2020a) e Devi et al. (2020b) relataram a alta toxicidade do óleo essencial de *C. winterianus* em coleópteros praga de grãos armazenados; Pinheiro et al. (2013) demonstraram a alta toxicidade o óleo de *C. winterianus* em afídeos (*Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)) e tripes (*Frankliniella schultzei* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae)) e Manh et al. (2020) relataram o efeito tóxico do óleo de *C. winterianus* em comparação a outras espécies pertencentes ao gênero *Cymbopogon* em larvas de dípteros (*Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae)). A ação inseticida dos óleos essenciais de plantas pertencentes ao gênero *Cymbopogon* pode ser ocasionada pelos seus constituintes, dentre eles o citronelal, cujo mecanismo de ação em insetos ainda é desconhecido (WU et al. 2020). Entretanto, no presente estudo, a CL_{50} do óleo de citronela (*C. winterianus*) foi inferior em comparação ao seu composto majoritário citronelal ($CL_{50} = 0,38$). Dessa forma, a

toxicidade do óleo essencial de citronela (*C. winterianus*) não é atribuída somente a um de seus compostos majoritários de forma isolada, mas da ação conjunta de diversos compostos presentes, os quais atuam de forma sinérgica (DEVI et al. 2020b).

Os compostos majoritários 1,8 cineol/eucaliptol e cânfora, presentes no óleo de alecrim (*R. officinallis*), ocasionaram mortalidade de 23,40 e 21,48%, respectivamente na concentração 2% v/v em larvas de *L. sativae*, representando os menores valores em comparação aos outros compostos majoritários testados. O óleo de alecrim (*R. officinallis*) na mesma concentração ocasionou mortalidade de 100% das larvas de *L. sativae* com CL_{50} de 0,38% v/v. Os resultados obtidos mostram que os compostos majoritários tem sua ação reduzida quando testados individualmente. Tak; Isman (2015) observaram o mesmo fenômeno em lagartas de *Trichoplusia ni* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) quando submetidas à aplicação de 1,8 cineol/eucaliptol e cânfora individualmente. Esses compostos possuem mecanismo de ação no sistema nervoso dos insetos. A cânfora e o 1,8 cineol/eucaliptol agem como inibidores da acetilcolinesterase, competindo pelo seu sítio ativo e contribuindo para o acúmulo de acetilcolina levando o inseto a hiperexcitação (MILLS et al., 2004; PICOLLO et al., 2008; YEOM et al., 2015; LÓPEZ et al., 2015), além dessas ações, a cânfora age também como agonista do neurotransmissor ácido γ -aminobutírico (GABA), bloqueando a transmissão do estímulo nervoso e ocasionando a paralisia do inseto (HALL et al., 2004). Embora esses compostos apresentem mecanismos de ação inseticida, o efeito isolado reduz sua efetividade. Na presença do 1,8 cineol/eucaliptol, a afinidade da cânfora com o tegumento dos insetos é otimizada devido à quebra da tensão superficial que este composto confere além de aumentar a solubilidade da cânfora e permitir maior penetração do composto tóxico (TAK; ISMAN, 2015).

A toxicidade do óleo de eucalipto (*E. citriodora*) na concentração de 2% v/v foi de 94,31% nas larvas de *L. sativae* e a CL_{50} foi de 0,22% v/v. Na mesma concentração de 2%, o componente majoritário citronelal, presente no óleo de *E. citriodora*, ocasionou mortalidade de 100% nas larvas de *L. sativae* com CL_{50} de 0,38% v/v. Semelhante aos óleos de citronela (*C. winterianus*) e alecrim (*R. officinallis*), o óleo de eucalipto (*E. citriodora*) foi mais tóxico em comparação ao seu composto majoritário citronelal. Na caracterização química do óleo essencial de eucalipto (*E. citriodora*), o composto citronelal destaca-se com grande proporção em relação aos outros componentes. Segundo Pavela (2008), a atividade biológica dos óleos essenciais não está relacionada somente a qualidade de seus componentes, mas também a quantidade dos mesmos. Embora o constituinte ativo do óleo essencial esteja associado ao componente com maior porcentagem de área relativa, existem outros compostos que em menor proporção podem desempenhar e ou potencializar

o efeito tóxico (TAK; ISMAN, 2015). Esse fenômeno explica a maior toxicidade de alguns óleos essenciais em relação aos seus constituintes majoritários, pois devido a desintoxicação metabólica dos insetos a determinados compostos, geralmente presentes em grandes proporções, outros componentes podem ocasionar o efeito inseticida (SCALERANDI et al., 2018, MANH et al., 2020).

Para o óleo essencial de gengibre (*Z. officinale*), a CL_{50} (0,15% v/v) foi superior a CL_{50} encontrada para a mistura de dois dos seus compostos majoritários, o citral (geranial e neral) ($CL_{50} = 0,13\%$ v/v), cujo efeito tóxico foi maior. Da mesma forma, o óleo essencial de limão siciliano (*C. limon*) na concentração 2% v/v ocasionou 57,77% de mortalidade em larvas de *L. sativae* enquanto que seu composto majoritário d-limoneno na mesma concentração ocasionou mortalidade de 90,90% e $CL_{50} = 0,87$ v/v. O efeito neurotóxico do citral foi verificado para coleópteros praga de grãos armazenados *Sitophilus granarius* Linneaus (Coleoptera: Curculionidae) (PLATA-RUEDA et al., 2020); moscas-das-frutas (*Drosophila sp.*) (SILVA et al., 2018) e lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (OLIVEIRA et al., 2018). De acordo com Jankowska et al. (2018), o citral possui mecanismo de ação de inibição da acetilcolinesterase por intermédio na competição pelo sítio de ação da enzima, assim como os inseticidas carbamatos e organofosforados. Quanto ao d-limoneno, resultados semelhantes em que o composto majoritário foi mais tóxico que óleo essencial de *Citrus sp.* foram encontrados em moscas-das-frutas *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (RUIZ et al., 2014) e *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) (OYEDEJI et al. 2020) para o coleóptero *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) (Muthuthantri et al. (2015). Semelhantemente ao citral, o d-limoneno é um potente composto neurotóxico, cuja ação é na inibição da enzima acetilcolinesterase (AAZZA et al., 2011; JANKOWSKA et al., 2018; OYELEYE et al., 2020). Apesar da maioria dos óleos essenciais apresentarem maior toxicidade em comparação aos seus componentes individuais, o oposto pode ser observado, indicando que pode ocorrer o antagonismo ou nenhum efeito sinérgico entre os compostos presentes no óleo em menor proporção (TAK; ISMAN, 2015). Além disso, a mortalidade ocasionada pelo composto majoritário ser superior à do óleo essencial em concentrações semelhantes, atribui-se a ação inseticida principalmente ao composto majoritário (NICULAU et al., 2013).

O óleo fixo de nim (*A. indica*) na concentração 2% v/v ocasionou valores inferiores de mortalidade nas larvas de *L. sativae*. A ação inseticida do óleo de nim (*A. indica*) foi verificada para diversas espécies de insetos (GAHUKAR, 2011; COELHO JÚNIOR; DESCHAMPS, 2014; PAVELA, 2016; MANTZOUKAS et al., 2020). A ação sobre larvas de

L. sativae foi verificada por Hossain; Poehling (2006) em que foi encontrada mortalidade de 100% na concentração de 0,010% v/v de ingrediente ativo. Por outro lado, com resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, Silva et al. (2015) encontraram valores inferiores de mortalidade (35,70%) de larvas de *L. sativae* na concentração de 1% v/v do óleo de nim (*A. indica*). Os menores valores de mortalidade ocasionados pelo óleo de nim (*A. indica*) podem estar relacionados com a idade das larvas utilizada no experimento e com a concentração do óleo. Segundo Lima et al. (2010), o efeito tóxico do óleo de nim (*A. indica*) é superior em lagartas mais jovens. Além disso, o óleo de nim (*A. indica*) possui efeito antialimentar, reduzindo a ingestão de alimentos pelos insetos (DUARTE et al., 2019). Dessa forma, como as larvas de *L. sativae* utilizadas no experimento estavam no terceiro dia de idade, a alimentação iria cessar no quarto ou quinto dia para transformarem em pupas. Portanto, como o período de alimentação foi curto, o efeito antialimentar do óleo de (*A. indica*) pode ter sido reduzido. Quanto à concentração do óleo, Coelho Júnior; Deschamps (2014) observaram que o óleo de nim (*A. indica*) na concentração 10% v/v ocasionou 100% de mortalidade em larvas de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), cujo comportamento de desenvolvimento no mesófilo foliar é semelhante ao comportamento de *L. sativae*. Diante disso, a concentração elevada do óleo ocasionou o efeito translaminar e consequentemente a mortalidade das larvas. No presente estudo, a concentração utilizada foi 2% v/v a qual proporcionou menor efeito translaminar.

No teste de deterrência, todos os óleos e compostos majoritários ocasionaram uma redução no número de puncturas, número de larvas e índices de deterrência inferiores a 1. Dentre os óleos, esses parâmetros foram inferiores nas plantas que receberam o óleo de nim (*A. indica*) indicando o potencial de deterrência deste óleo. Resultados obtidos por Bezzar-Bendjazia, Kilani-Morakchi; Aribi (2016) mostraram que fêmeas de *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) além de selecionarem o hospedeiro que não possuía resíduo de nim (*A. indica*) para oviposição, ao entrarem em contato com o óleo reduziram o número de postura. Esses resultados de efeito deterrente à alimentação e oviposição do óleo de nim (*A. indica*) são provenientes dos sinais voláteis emitidos os quais ocasionam confundimento aos insetos, reduzindo sua atividade próxima aos substratos em que há a presença do óleo. Esse confundimento está associado ao fato do óleo de nim (*A. indica*) ocultar os compostos secundários das plantas atraentes aos insetos (CORDEIRO et al. 2010, HASAN; ANSARI, 2011, TOMÉ et al., 2013), ocasionando a redução de procura por essas plantas para oviposição e alimentação (BRUNHEROTTO et al. 2010). Outro efeito proveniente da Azadiractina, composto presente no óleo de nim (*A. indica*), é a alteração no comportamento sexual dos insetos. O mecanismo de ação desta substância ocorre por meio da interferência na produção do hormônio juvenil e do hormônio ecdisona. Em fêmeas adultas, a alteração

na síntese desses hormônios ocasiona modificação na vitelogênese, processo fundamental na formação dos ovócitos, e conseqüentemente redução na maturação sexual, fertilidade e viabilidade de ovos (BOULAHBEL et al., 2015; EVANS; HALLETT, 2016). Além disso, a alteração na produção desses hormônios reduz as vias de sinalização no comportamento de acasalamento (ARIBI et al., 2017). Embora não haja literatura à respeito do uso de hormônios no comportamento sexual de *Liriomyza* spp., a redução do número de larvas nas folhas de feijão de porco na presença do óleo de nim (*A. indica*) pode estar relacionada à interferência do mesmo nos hormônios, alterando a fecundidade e a produção de ovos das fêmeas, assim como a redução do número de puncturas relacionado ao efeito antialimentar deste óleo.

3.5 CONCLUSÃO

Os óleos de eucalipto (*E. citriodora*), alecrim (*R. officinalis*), citronela (*C. winterianus*), limão siciliano (*C. limon*), gengibre (*Z. officinale*) e nim (*A. indica*) ocasionam mortalidade em larvas de *L. sativae* e deterrência em adultos, assim como os compostos majoritários citral, citronelal, d-limoneno, 1,8cineol/eucaliptol e cânfora.

Dentre as concentrações letais (CL_{50}) estimadas, as mais tóxicas foram para os óleos essenciais de citronela (*C. winterianus*) (0,11% v/v), gengibre (*Z. officinale*) $CL_{50} = 0,15\%$ v/v (0,13 - 0,18) e para o composto majoritário citral $CL_{50} = 0,13\%$ v/v (0,09 - 0,19).

O óleo de nim (*A. indica*) apresenta efeito deterrente promissor em larvas de *L. sativae*.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAZZA, S.; LYOUSSE, B.; MIGUEL, M. G. Antioxidant and Antiacetylcholinesterase Activities of Some Commercial Essential Oils and Their Major Compounds. **Molecules**, v. 16, p. 7672-7690, 2011.

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal Economic Entomology**, v.18, n.2, p.265-267, 1925.

ADAMS, R.P. **Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy**. Allured Publishing Corporation, 804p., 2007.

AINANE, A.; KHAMMOUR, F.; CHARAF, S.; ELABBOUBI, M.; ELKOUALI, M.; TALBI, M.; BENHIMA, R.; CHERROUD, S.; AINANE, T. Chemical composition and insecticidal activity of five essential oils: *Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globules*. **Materials Today: Proceedings**, v. 13, p. 474-485, 2019.

ALMEIDA, M. P., ROMERO, R. B., ROMERO, A. L.; CRESPIAN, E. R. Explorando a química e a atividade antifúngica de óleos essenciais: Uma proposta de projeto para a Educação Básica. **Latin American Journal of Science Education**, v. 2, n. 22059, 2015.

ARIBI, N.; OULHACI, M. C.; KILANI-MORAKCHI, S.; SANDOZ, J. C.; KAISER, L.; DENIS, B.; JOLY, D. Azadirachtin impact on mate choice, female sexual receptivity and male activity in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 143, p. 95-101, 2017.

ATAÍDE, J. O.; PRATISSOLI, D.; FRAGOSO, D. S. M.; PINHEIRO, P. F. Caracterização e atividade inseticida do óleo essencial de *Zingiber officinale* Roscoe - Zingiberaceae sobre *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 693-705, 2020.

BABARINDE, S. A.; SUNNIE-ODODO, M. O.; AKANBI, W. B.; OYEWOLE, O. O.; TIJANI, R.; OLAOBAJU, S. F. Comparative susceptibility of two developmental stages of hide beetle (*Dermestes maculatus* Degeer, 1774) to ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) essential oil. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, p. 385-389, 2018.

BATISH, D. R.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K.; KAUR, S. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 2166-2174, 2008.

BEDINI, S.; GUARINO, S.; ECHEVERRIA, M. C.; FLAMINI, G.; ASCRIZZI, R.; LONI, A.; CONTI, B. *Allium sativum*, *Rosmarinus officinalis*, and *Salvia officinalis* Essential Oils: A Spiced Shield against Blowflies. **Insects**, v. 11, n. 143, p. 1-18, 2020.

BENELI, G.; FLAMINI, G.; CANALE, A.; CIONI, P. L.; CONTI, B. Toxicity of some essential oil formulations against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). **Crop Protection**, v. 42, p. 223-229, 2012.

BEZZAR-BENDJAZIA, R. KILANI-MORAKCH, S.; ARIBI, N. Larval exposure to azadirachtin affects fitness and oviposition site preference of *Drosophila melanogaster*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 133, p. 85-90, 2016.

BOSSOU, A. D.; AHOUSSE, E.; RUYSBERGH, E.; ADAMS, A.; SMAGGHE, G.; DE KIMPE, N.; AVLESSI, F.; SOHOUNHLOUE, D. C. K.; MANGELINCKX, S. Characterization of volatile compounds from three *Cymbopogon* species and *Eucalyptus citriodora* from Benin and their insecticidal activities against *Tribolium castaneum*. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 306-317, 2015.

BOUKHEBTI, H.; CHAKER, A. N.; BELHADJ, H.; SAHLI, F.; RAMDHANI, M.; LAOUER, H.; HARZALLAH, D. Chemical composition and antibacterial activity of *Mentha pulegium* L. and *Mentha spicata* L. essential oils. **Der Pharmacia Lettre**, v. 3, n. 4, p. 267-275, 2011.

BOULAHBEL, B.; ARIBI, N.; KILANI-MORAKCHI, S.; SOLTANI, N. Insecticidal activity of azadirachtin on *Drosophila melanogaster* and recovery of normal status by exogenous 20-hydroxyecdysone. *African Entomology*, v. 23, n. 1, p. 224-233, 2015.

BOULAMTAT, R.; MESFIOUI, A.; EL-FAKHOURI, K.; OUBAYOUCEF, A.; SABRAOUI, A.; AASFAR, A.; EL-BOUHSSINI, M. Chemical composition, and insecticidal activities of four plant essential oils from Morocco against larvae of *Helicoverpa armigera* (Hub.) under field and laboratory conditions. **Crop Protection**, v. 144, p. 1-7, 2021.

BRAVIM DOS SANTOS, A. T.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; PARREIRA, L. A.; ABREU, K. M. P.; BERNARDES, C. O., CARVALHO, J. R.; MENINI, L. Chemical identification and insecticidal effect of *Tephrosia vogelii* essential oil against *Cerosipha forbesi* in strawberry crop. **Crop Protection**, v. 139, p. 105405 – 105411 2020.

BRUNHEROTTO, R.; VENDRAMIM, J. D.; ORIANI, M. A. G. Efeito de genótipos de tomateiro e de extratos aquosos de folhas de *Melia azedarach* e de sementes de *Azadirachta indica* sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 5, p. 784-791, 2010.

BULGARINI, G.; BORTOLINI, S.; MAISTRELLO, L. Repellent activity of essential oils on adults of *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in different physiologicalbehavioural phases. **Journal of Applied Entomology**, p. 1-12, 2021.

CANTRELL, C.L., DAYAN, F.E.; DUKE, S.O., Natural products as source for new pesticides. **Journal of Natural Products**, v.75, p. 1231–1242, 2012.

CAPUTO, L., CORNARA, L., BAZZICALUPO, M., DE FRANCESCO, C., DE FEO, V., TROMBETTA, D., SMERIGLIO, A. Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils from Peels of Three Citrus Species. **Molecules**, v. 25, n.8, p.1-17, 2020.

CHAABAN, S. B.; HAMDY, S. H.; MAHJOURI, K.; JEMÂA, J. M. B. Composition and insecticidal activity of essential oil from *Ruta graveolens*, *Mentha pulegium* and *Ocimum basilicum* against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 126, n. 4, p. 237-246, 2019.

CLOYD, R. A.; GALLE, C. L.; KEITH, S. R.; KALSCHEUR, N. A.; KEMP, K. E. Effect of Commercially Available Plant-Derived Essential Oil Products on Arthropod Pests. **Horticultural Entomology**, v. 102, n. 4, p. 1567-1579, 2009.

COELHO JÚNIOR, A.; DESCHAMPS, F. C. Ação sistêmica e translaminar do óleo de nim visando ao controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) em tomateiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 2, p. 140-144, 2014.

CORDEIRO, E. M. G.; CORRÊA, A. S.; VENZON, N.; GUEDES, R. N. C. Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cuban*. **Chemosphere**, v. 81, n. 10, p. 1352-1357. 2010.

COSTA-LIMA, T. C.; GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. P. Reproductive Activity and Survivorship of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) at Different Temperatures and Relative Humidity Levels. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 1, p. 195-201, 2010.

CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; SILVA, L. M.; DUTRA, K. A.; GUEDES, C. A.; OLIVEIRA, J. V.; NAVARRO, D. M. A.F.; ARAÚJO, B. C.; TEIXEIRA, A. A. C. Chemical Composition and Insecticidal Activity of the Essential Oils of *Foeniculum vulgare* Mill., *Ocimum basilicum* L., *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey, *Eucalyptus citriodora* Hook and *Ocimum gratissimum* L. and Their Major Components on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 5, p. 1360-1369, 2017.

CUTLER, G. C. Insects, Insecticides and Hormesis: Evidence and Considerations for Study. **Dose-Response**, v. 11, p. 154-177, 2013.

DEBAGUE, I. C. M.; DESCHAMPS, C.; MÓRGOR, A. F.; SCHEER, A. P.; CÔCCO, L. Teor e composição de óleo essencial de rizomas de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) após diferentes períodos de secagem. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 1, p. 79-84, 2011.

DEVI, M. A.; NAMEIRAKPAM, B.; DEVI, T. B.; MAYANGLAMBAM, S.; SINGH, K. D.; SOUGRAKAM, S.; SHADIA, S.; TONGBRAM, M.; SINGH, S. D.; SAHOO, D.; RAJASHEKAR, Y. Chemical compositions and insecticidal efficacies of four aromatic essential oils on rice weevil *Sitophilus oryzae* L. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, p. 549-559, 2020a.

DEVI, M. A.; SAHOO, D.; SINGH, T. B.; RAJASHEKAR, Y. Toxicity, repellency and chemical composition of essential oils from *Cymbopogon* species against red four beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v. 15, p. 181-191, 2020b.

DEVKOTA, S.; SEAL, D. R.; LIBURD, O. E.; FERGUSON, S.; WADDIL, C. T.; MARTIN, C. G. Responses of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to chemical and biorational insecticides. **The Florida Entomologist**, v. 99, n. 4, p. 616-623, 2016.

DONNELL, R. M.; YOO, J.; PATEL, K.; RIOS, L.; HOLLINGSWORTH, R.; MILLAR, J.; PAINE, T. Can essential oils be used as novel drench treatments for the eggs and juveniles of the pest snail *Cornu aspersum* in potted plants? **Journal of Pest Science**, v. 89, p. 549-555, 2016.

DUARTE, J. L.; AMADO, J. R. R.; OLIVEIRA, A. E. M. F. M.; CRUZ, R. A. S.; FERREIRA, A. M.; SOUTO, R. N. P.; FALCÃO, D. Q.; CARVALHO, J. T. C., FERNANDES, C. P. Evaluation of larvicidal activity of a nanoemulsion of *Rosmarinus officinalis* essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, p. 189-192, 2015.

DUARTE, J. P.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M.; TRAPP, S. Effect of *Azadirachta indica* (Sapindales: Meliaceae) Oil on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae and Adults. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, p. 407-412, 2019.

DUBEY, N. K.; SHUKLA, R.; KUMAR, A.; SINGH, P.; PRAKASH, B. Global Scenario on the Application of Natural Products in Integrated Pest Management Programmes. In: DUBEY, N.

K. **Natural Products in Plant Pest Management**, CABI International, Cambridge, 293p., 2011.

EVANS B. G.; HALLETT, R. H. Efficacy of biopesticides for management of the swede midge (Diptera: Cecidomyiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 5, p.2159–2167, 2016.

FERGUSON, J. S. Development and Stability of Insecticide Resistance in the Leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to Cyromazine, Abamectin, and Spinosad. **Journal of Economic Entomology**, v.97, n. 1, p. 112-119, 2004.

FINNEY, D.J. **Probit analysis**, 3rd edn. Cambridge University Press, 1971.

FOUNTAIN, E. D.; WRATTEN, S. D. Conservation Biological Control and Biopesticides in Agricultural. **Encyclopedia of Ecology**, v. 1, n. 377-381, 2013.

GAHUKAR, R. T. Use of neem and plant-based biopesticides in floriculture: current challenges and perspectives – a review. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 86, n. 3, p. 203-209, 2011.

GILLOTT, C. **Anatomy and Phisiology (The Integumet)**. In: Entomology, Springer, 3ed. 783p. 2005.

GUPTA, G.; AGARWAL, U.; KAUR, H.; KUMAR, N. R.; GUPTA, P. Aphicidal effects of terpenoids present in *Citrus limon* on *Macrosiphum roseiformis* and two generalist insect predators. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 4, p. 1087-1095, 2017.

HALL, A. C.; TURCOTTE, C. M.; BETTS, B. A.; YEUNG, W.; AGYMAN, A. S.; BURK, L. A. Modulation of human GABAA and glycine receptor currents by menthol and related monoterpenoids. **European Journal of Pharmacology**, v. 506, p. 9-16, 2004.

HASAN, F.; ANSARI, M. S. Toxic effects of neem-based insecticides on *Pieris brassicae* (Linn.). **Crop Protection**, v. 4, n. 3, p. 502-507, 2011.

HAZARIKA, H.; TYAGI, V.; KRISHNATREYYA, H., ISLAM, J.; BORUAH, D.; KISHOR, S.; CHATTOPADHYAY, P.; ZAMAN, K. Essential oil based controlled-release non-toxic evaporating tablet provides effective repellency against *Musca domestica*. **Acta Tropica**, v. 210, n. 2, p. 1-13, 2020.

HOSSAIN, M. B., POEHLING, H. M. Effects of a neembased insecticide on different immature life stages of the leafminer *Liriomyza sativae* on tomato. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 4, p. 360-369, ago. 2006.

JANKOWSKA, M.; ROGALSKA, J.; WYSZKOWSKA, J.; STANKIEWICZ, M. Molecular Targets for Components of Essential Oils in the Insect Nervous System—A Review. **Molecules**, v. 23, n. 34, p. 1-20, 2018.

KARANI, A. O.; NDAKIDEMI, P. A.; MBEGA, E. R. Botanical Pesticides in Management of Common Bean Pests: Importance and Possibilities for Adoption by Small-scale Farmers in Africa. **Journal of Applied Life Sciences International**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2017.

KATERINOPOULOS, H. E.; PAGONA, G.; AFRATIS, A.; STRATIGAKIS, N.; RODITAKIS, N. Composition and insect attracting activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis*. **Journal of Chemical Ecology**, v.31, n. 1, p. 111-122, 2005.

KIRAN, S., PRAKASH, B. Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis*. **Industrial Crops Products**, v. 74, p. 817–823, 2015.

KLIMEK-SZCZYKUTOWICZ, M., SZOPA, A.,; EKIERT, H. *Citrus limon* (Lemon) phenomenon—a review of the chemistry, pharmacological properties, applications in the modern pharmaceutical, food, and cosmetics industries, and biotechnological studies. **Plants**, v. 9, n. 1, p. 1-24, 2020.

KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 25, p. 302-310, 2013.

LEVCHENKO, M. A.; SILIVANOVA, E. A.; KHODAKOV, P. E.; GHOLIZADEH, S. Insecticidal efficacy of some essential oils against adults of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 14, n. 5, p. 1938-1947, 2021.

LIMA, M. P. L., OLIVEIRA, J. V., GONDIM, Jr. M. G. C., MARQUES, E. J., Correia, A. A. Bioatividade de formulações de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss, 1797) e de *Bacillus thuringiensis* subsp. aizawai em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.1381–1389, 2010.

LÓPEZ, M. D.; CAMPOY, F. J.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J.; MUÑOZ-DELGADO, E.; VIDAL, C. J. Acetylcholinesterase activity of electric eel is increased or decreased by selected monoterpenoids and phenylpropanoids in a concentrationdependent manner. **Chemico-Biological Interactions**, v. 229, p. 36-43, 2015.

MANH, H. D.; HUE, D. T.; HIEU, N. T. T.; TUYEN, D. T. T.; TUYET, O. T. The Mosquito Larvicidal Activity of Essential Oils from *Cymbopogon* and *Eucalyptus* Species in Vietnam. **Insects**, v. 11, n. 128, p.1-7, 2020.

MANTZOUKAS, S.; NTOUKAS, A.; LAGOGIANNIS, I.; KALYVAS, N.; ELIOPOULOS, P.; POULAS, K. Larvicidal Action of Cannabidiol Oil and Neem Oil against Three Stored Product Insect Pests: Effect on Survival Time and in Progeny. **Biology**, v. 9, n. 31, p. 1-13, 2020.

MARZOUK, B.; FREDJ, M. B. H.; CHRAIEF, I.; MASTOURI, M.; BOUKEF, K.; MARZOUK, Z. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Tunisian *Mentha pulegium* L.. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 6, n. 1, p. 78-92, 2008.

MENDOZA-GARCIA, E. E.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; SERRATO-CRUZ, M. A.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J. A.; LÓPEZ-ARROYO, I. L.; PÉREZ-PACHECO, R. Chemical composition, toxicity, and repellence of plant essential oils against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 79, n. 4, p. 636-647, 2019.

MILLS, C.; CLEARY, B. J.; GILMER, J. F.; WALSH, J. J. Inhibition of acetylcholinesterase by Tea Tree oil. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 56, p. 375-379, 2004.

MOSSA, A. T. H. Green Pesticides: Essential Oils as Biopesticides in Insect-pest Management. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 9, n. 5, p. 354-378, 2016.

MURCIA-MESEGUER, A.; ALVES, T. J. S.; BUDIA, F.; ORTIZ, A.; MEDINA, P. Insecticidal toxicity of thirteen commercial plant essential oils against *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **Phytoparasitica**, v. 46, n. 3, p. 233-245, 2018.

MUTHUTHANTRI, S.; CLARKE, A. R.; HAYES, R. A.; KEVIN, J. Effect of citrus peel chemicals on *Bactrocera tryoni* larval survival. **Acta Horticulturae**, v. 1105, n. 1105, p. 349-356, 2015.

NICULAU, E. S.; ALVES, P. B.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S.; MATOS, A. P.; BERNARDO, A. R.; VOLANTE, A. C.; FERNANDES, J. B.; SILVA, M. F. G. F.; CORRÊA, A. G.; BLANK, A. F.; SILVA, A. C.; RIBEIRO, L. P. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* l'Herit E *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Química Nova**, v. 36, n. 9, p. 1391-1394, 2013.

NIST (National Institute of Standards and Technology) **Standard Reference Database 69**. NIST Chemistry WebBook, 2011.

OLIVEIRA, A. C.; COSTA-LIMA, T. C.; SOUZA, A. V. V.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R. Essential oils activity from plants of the Brazilian Caatinga on the vegetable leafminer. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. 1-8, 2020.

OLIVEIRA, E. R.; ALVES, D. S.; CARVALHO, G. A.; OLIVEIRA, B. M. R.; AAZZA, S.; BERTOLUCCI, S. K. V. Toxicity of *Cymbopogon flexuosus* essential oil and citral for *Spodoptera frugiperda*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 408-419, 2018.

OLIVERO-VERBEL, J.; NERIO, L. S.; STASHENKO, E. E. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. **Pest Management Science**, v. 66, p. 664-668, 2010.

OYEDEJI, A. O.; OKUNOWO, W. O.; OSUNTOKI, A. A.; OLABODE, T. B.; AYO-FOLORUNSO. Insecticidal and biochemical activity of essential oil from *Citrus sinensis* peel and constituents on *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 1-8, 2020.

OYELEYE, S. I.; OGUNSUYI, O. B.; ADEDEJI, V.; OLATUNDE, D.; OBOH, G. Citrus spp. essential oils improve behavioral pattern, repressed cholinesterases and monoamine oxidase activities, and production of reactive species in fruit fly (*Drosophila melanogaster*) model of Alzheimer's Disease. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, n. 4, p. 1-13, 2020.

PANDEY, A. K.; RAI, M. K.; ACHARYA, D. Chemical Composition and Antimycotic Activity of the Essential Oils of Corn Mint (*Mentha arvensis*) and Lemon Grass (*Cymbopogon flexuosus*) Against Human Pathogenic Fungi. **Pharmaceutical Biology**, v. 41, n. 6, p. 421-425, 2003.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE-LA-CRUZ, R.; ZANUNCIO, J. C.; LEMES, P. G.; ROLIM, G. S.; BARBOSA, L. S.; LEITE, G. L. D.; SERRÃO, J. E. Essential oils cause detrimental effects on biological parameters of *Trichogramma galloi* immatures. **Journal of Pest Science**, v. 91, p. 887-965, 2018.

PAVELA, R. Acute and Synergistic Effects of Some Monoterpenoid Essential Oil Compounds on the House Fly (*Musca domestica* L.). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 11, n. 5, p. 451-459, 2008.

PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 174-187, 2015.

PAVELA, R. History, Presence and Perspective of Using Plant Extracts as Commercial Botanical Insecticides and Farm Products for Protection against Insects – a Review. **Plant Protect Science**, v. 52, n. 4, p. 229-241, 2016.

PAW, M., BEGUM, T., GOGOI, R., PANDEY, S. K., LAL, M. Chemical composition of Citrus limon L. burmf peel essential oil from North East India. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 23, n. 2, p.337-344, 2020.

PICOLLO, M. I.; TOLOZA, A. C.; CUETO, G. M.; ZYGADLO, J.; ZERBA, E. Anticholinesterase and pediculicidal activities of monoterpenoids. **Fitoterapia**, v. 79, p. 271-278, 2008.

PINHEIRO, P. F.; QUEIROZ, V. T.; RONDELLI, V. M.; COSTA, A. V.; MARCELINO, T. P.; PRATISSOLI, D. Insecticidal activity of Citronella grass essential oil on *Frankliniella schultzei* and *Myzus persicae*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 2, p. 138-144, 2013.

PIRAS, A.; MAXIA, A.; KOCA, U.; PORCEDDA, S.; MARZOUKI, H.; GONÇALVES, M. J.; SALGUEIRO, L.; PUTZU, D.; ROSA, A. Biological activity and chemical composition in fatty acids of *Pistacia terebinthus* L. fruits extracted with supercritical carbon dioxide. **Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse**, v. 94, n. 4, p. 251-256, 2017.

PLATA-RUEDA, A.; MARTÍNEZ, L. C.; ROLIM, G. S.; COELHO, R. P.; SANTOS, M. H.; TAVARES, W. S.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Insecticidal and repellent activities of *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil and its terpenoids (citral and geranyl acetate) against *Ulomoides dermestoides*. **Crop Protection**, v. 137, p. 1-8, 2020.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing: Vienna. 2019. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 01 fev. 2021.

RAJASHEKAR, Y., RAGHAVENDRA, A., BAKTHAVATSALAM, N. (2014) Acetylcholinesterase inhibition by biofumigant (Coumaran) from leaves of *Lantana camara* in

stored grain and household insect pests. **BioMedical Research International**, v. 2014, p. 1-6, 2014.

REDDY, D. S.; CHOWDARY, N. M. Botanical biopesticide combination concept—a viable option for pest management in organic farming. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 23, p. 1-10, 2021.

RODRIGUEZ-GONZÁLEZ, A.; ALVAREZ-GARCIA, S.; GONZÁLEZ-LOPEZ, O.; SILVA, F.; CASQUERO, P. A. Insecticidal Properties of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon winterianus* against *Acanthoscelides obtectus*, Insect Pest of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Insects**, v. 10, n. 151, p. 1-14, 2020.

ROSA, A., MAXIA, A., PUTZU, D., ATZERI, A., ERA, B., FAIS, A., SANNA, C.; PIRAS, A. Chemical composition of *Lycium europaeum* fruit oil obtained by supercritical CO₂ extraction and evaluation of its antioxidant activity, cytotoxicity and cell absorption. **Food chemistry**, v. 230, p. 82-90, 2017.

RUIZ, M. J.; JUÁREZ, M. L.; ALZOGARAY, R. A.; ARRIGHI, F.; ARROYO, L.; GASTAMINZA, G.; WILLINK, E.; BARDÓN, A. V.; VERA, T. Toxic Effect of Citrus Peel Constituents on *Anastrepha fraterculus* Wiedemann and *Ceratitidis capitata* Wiedemann Immature Stages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 10084-10091, 2014.

SCALERANDI, E.; FLORES, G. A.; PALACIO, M.; DEFAGÓ, M. T.; CARPINELLA, M. C.; VALLADARES, G.; BERTONI, A.; PALACIOS, S. M. Understanding Synergistic Toxicity of Terpenes as Insecticides: Contribution of Metabolic Detoxification in *Musca domestica*. **Frontiers of Plant Science**, v. 9, n. 1579, p. 1-9, 2018.

SEMMLER, M.; ABDEL-GHAFFAR, F.; SCHMIDT, J.; MEHLHORN, H. Evaluation of biological and chemical insect repellents and their potential adverse effects. **Parasitology Research**, v. 113, p. 185-188, 2014.

SILVA, F. G. Óleo de nim aplicado via irrigação no controle da mosca minadora em meloeiro. **Agropecuária científica no semiárido**, v.11, n. 2, p. 122-126, 2015.

SILVA, L. V. F.; MOURÃO, R. H. V.; MANIMALA, J.; LNENICKA, G. A. The essential oil of *Lippia alba* and its components affect *Drosophila* behavior and synaptic physiology. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, p. 1-10, 2018.

SIMÕES, C. M O. **Óleos essenciais**. In: SIMÕES, C. M.; OLIVEIRA, C. Farmacognosia da planta ao medicamento, Florianópolis, Editora UFSC, 1104p., 1999.

SINTHUSIRI, J.; SOONWERA, M. Oviposition deterrent and ovicidal activities of seven herbal essential oils against female adults of housefly, *Musca domestica* L.. **Parasitology Research**, v. 113, p. 3015-3022, 2014.

TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Enhanced cuticular penetration as the mechanism for synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia ni*. **Scientific Reports**, v. 5, p. 1-10, 2015.

TOMÉ, H. V. V.; MARTINS, J. C.; CORRÊA, A. S.; GALDINO, T. V. S.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C. Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. **Crop Protection**, v. 46, p. 63-69, 2013.

TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S.; BHUIYAN, M.; BHATTACHARYA, P. R. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. **Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy**, v. 15, p. 52-63, 2009.

VIEIRA, R. F.; SIMON, J. E. Chemical characterization of Basil (*Ocimum* spp.) found in the markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economic Botany**, v. 54, p. 207-216, 2000.

WANG, J. N.; HOU, J.; WU, Y. Y.; GUO, S.; LIU, Q. M.; LI, T. Q.; GONG, Z. Y. Resistance of House Fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), to Five Insecticides in Zhejiang Province, China: The Situation in 2017. **Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology**, v. 5, p. 1-10, 2019.

WU, W.; LI, S.; YANG, M.; LIN, Y.; ZHENG, K.; AKUTSE, K. S. Citronellal perception and transmission by *Anopheles gambiae* s.s. (Diptera: Culicidae) females. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-10, 2020.

YEOM, H.; JUNG, C.; KANG, J.; KIM, J.; LEE, J.; KIM, D.; KIM, H.; PARK, P.; KANG, K.; PARK, I. Insecticidal and Acetylcholine Esterase Inhibition Activity of Asteraceae Plant Essential Oils and Their Constituents against Adults of the German Cockroach (*Blattella germanica*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 8, p. 2241-2248, 2015.

ZIMMERMAN, R. C.; ARAGÃO, C. E. C.; ARAÚJO, P. J. P.; BENATTO, A.; CHAABAN, A.; MARTINS, C. E. N.; AMARAL, W.; CIPRIANO, R. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. Insecticide activity and toxicity of essential oils against two stored-product insects. **Crop Protection**, v. 144, p. 1-8, 2021.

4 CAPÍTULO

Compatibilidade de nematoides entomopatogênicos com óleos essenciais, fixos e compostos majoritários no manejo de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 em laboratório

RESUMO

A utilização conjunta de mais de um método de controle é a base para o manejo integrado de pragas. Tratando-se da espécie *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 a integração de mais de uma estratégia como o emprego de nematoides entomopatogênicos e inseticidas botânicos pode ser uma alternativa para a redução do uso de inseticidas sintéticos. Porém, a associação entre os métodos de controle deve ser avaliada para a garantia na eficiência dos mesmos. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito tóxico, o comportamento de mobilidade e a infectividade dos nematoides entomopatogênicos *Heterhabditis amazonensis* e *Steinernema rarum* em larvas de *L. sativae* submetidos à aplicação de óleos de alecrim, eucalipto, citronela, gengibre, nim e dos compostos majoritários d-limoneno e cânfora. Para os testes de mortalidade e comportamento, foram preparadas soluções a 1% v/v contendo os óleos e compostos majoritários, as quais foram misturadas com suspensões contendo as espécies *Heterorhabditis amazonensis* e *Steinernema rarum* e deixadas em temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 10\%$ por um período de quatro dias. Posteriormente, o número de juvenis mortos e vivos foi contabilizado. Para o teste de comportamento, foi adotada metodologia semelhante ao teste de mortalidade, porém foram selecionados nove juvenis e contabilizado o número de batidas laterais do corpo, 0, 30 e 60 minutos após a exposição aos óleos e compostos majoritários. O teste de infectividade foi realizado mediante a mistura das soluções com as suspensões contendo os nematoides entomopatogênicos, as quais permaneceram por 30 minutos em temperatura de $16 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 10\%$. Após esse período, o processo de lavagem dos nematoides foi realizado três vezes por meio da retirada do sobrenadante (3mL) e adição de água destilada, para eliminação dos resíduos. Em seguida, foi retirada uma suspensão com 50 juvenis e adicionada em recipientes plásticos contendo papel filtro e uma larva de *L. sativae* com cinco dias de idade. As avaliações foram realizadas após quatro dias através da observação da coloração das larvas mortas e da dissecação de larvas e pupas. Para a espécie *H. amazonensis*, a maior porcentagem de mortalidade foi ocasionada pelo óleo de gengibre ($82,59\% \pm 11,61$) e pelo composto majoritário cânfora ($85,71\% \pm 12,41$) e para a espécie *S. rarum* os óleos de gengibre ($84,40\% \pm 10,41$) e eucalipto ($86,10\% \pm 10,87$). De um modo geral, os óleos de eucalipto e alecrim apresentaram os menores valores de batidas laterais corporais para ambas as espécies de nematoides entomopatogênicos, com valores próximos a 0 após 60 minutos de exposição. As menores taxas de infectividade foram ocasionadas pelos óleos de eucalipto (27,77%), gengibre (38,88%), alecrim (27,77%) e pelo composto cânfora (44,44%) para a espécie *H. amazonensis* e pelos mesmos óleos para a espécie *S. rarum*, cujas médias foram 44,44%, 44,44% e 38,88%, respectivamente, além do óleo de citronela (50,00%). Os óleos essenciais, fixos e compostos majoritários apresentaram toxicidade, redução da motilidade e infectividade de *H. amazonensis* e *S. rarum* em larvas de *L. sativae*, principalmente os óleos de gengibre, alecrim, eucalipto, citronela e composto majoritário cânfora.

Palavras-chave: Mosca minadora. Inseticidas botânicos. Infectividade.

Compatibility of entomopathogenic nematodes with essential oils, fixed oils and major compounds for *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 under laboratory conditions

ABSTRACT

The joint use of more than one control method is the basis for integrated pest management. In the case of *Liriomyza sativae*, the integration of more than one strategy such as the use of entomopathogenic nematodes and botanical insecticides can be an alternative to reduce the use of synthetic insecticides. However, the association between the control methods must be evaluated to ensure their efficiency. Therefore, the study aimed to evaluate the toxic effect, mobility behavior and infectivity of entomopathogenic nematodes (*Heterhabditis amazonensis* and *Steinernema rarum*) on *L. sativae* larvae subjected to the application of oils of rosemary, eucalyptus, citronella, ginger, neem and the major compounds d-limonene and camphor. For the mortality and behavior tests, 1% solutions were prepared containing the major oils and compounds, which were mixed with suspensions containing the species *Heterorhabditis amazonensis* and *Steinernema rarum* and left at a temperature of $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $70\pm 10\%$ for a period of four days. Subsequently, the number of dead and alive juveniles was counted. For the behavior test, a methodology similar to the mortality test was adopted, but nine juveniles were selected and the number of trashes was counted, 0, 30 and 60 minutes after exposure to major oils and compounds. The infectivity test was performed by mixing the solutions with the suspensions containing the entomopathogenic nematodes, which remained for 30 minutes at a temperature of $16\pm 2^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $70\pm 10\%$. After this period, the nematode washing process was performed three times by removing the supernatant (3mL) and adding distilled water to eliminate the residues. Then, a suspension with 50 juveniles was removed and added to plastic containers containing filter paper and a five-day-old *L. sativae* larva. The evaluations were carried out after four days by observing the color of dead larvae and dissection of larvae and pupae. For the species *H. amazonensis*, the highest percentage of mortality was caused by ginger oil ($82.59\%\pm 11.61$) and by the major compound camphor ($85.71\%\pm 12.41$) and for the species *S. rarum* ginger ($84.40\%\pm 10.41$) and eucalyptus ($86.10\%\pm 10.87$) oils. In general, eucalyptus and rosemary oils presented the lowest values of trashes for both species of entomopathogenic nematodes, with values close to 0 after 60 minutes of exposure. The lowest infectivity rates were caused by the oils of eucalyptus (27.77%), ginger (38.88%), rosemary (27.77%) and by the compound camphor (44.44%) for the species *H. amazonensis* and by the same oils for the species *S. rarum*, whose averages were 44.44%, 44.44% and 38.88%, respectively, in addition to citronella oil (50.00%). Essential oils, fixed and major compounds showed toxicity, reduced motility and infectivity of *H. amazonensis* and *S. rarum* in *L. sativae* larvae, especially ginger, rosemary, eucalyptus, citronella and camphor major compound oils.

Keywords: Leafminer. Botanical insecticides. Infectivity.

4.1 INTRODUÇÃO

A implementação do manejo integrado de pragas (MIP) para controle de *Liriomyza* sp. pode ser considerada uma estratégia eficaz para redução do uso de inseticidas sintéticos, minimizar os efeitos negativos ocasionados pelos mesmos e conseqüentemente contribuir para uma cadeia produtiva mais sustentável (LIU et al. 2009; TAKEDA et al. 2020). Para o desenvolvimento de um programa de manejo integrado, é necessário considerar a harmonia entre os métodos de controle. Portanto, a compatibilidade entre as estratégias é de grande relevância para a garantia de eficiência das medidas de controle ao longo prazo (BARZMAN et al, 2015).

Dentre os métodos de controle utilizados no manejo integrado, o uso de nematoides entomopatogênicos, principalmente as espécies pertencentes às famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae, como agentes de controle de pragas é uma estratégia do controle biológico aplicada em diversos grupos de insetos praga (GREWAL et al., 2005; LAZNIK; TRDAN, 2017; DEVI, 2018). As espécies pertencentes aos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* são potenciais inimigos naturais e ocasionam mortalidade devido a sua associação simbiótica com as bactérias *Xenorhabdus* e *Protorhabdus*, respectivamente, as quais colonizam o tecido do hospedeiro após os juvenis penetrarem no mesmo, ocasionando septicemia no período de 24 a 48 horas (POINAR JUNIOR; GREWAL, 2012; BRIDA et al., 2021).

As principais vantagens do uso desses organismos estão relacionadas ao seu curto ciclo de vida, a ampla gama de hospedeiros e a persistência em condições desfavoráveis. Devido à adaptação em condições adversas, os nematoides entomopatogênicos podem ser utilizados simultaneamente ou em seguida da aplicação de inseticidas sintéticos com o intuito de reduzir populações de diferentes espécies praga ou diferentes estágios de uma praga e manterem sua viabilidade (KOPPENHÖFER; FUZY, 2008; LAZNIK; TRDAN, 2014). Entretanto, a sobrevivência e viabilidade dos mesmos vão depender da espécie utilizada, da dose e ingrediente ativo do inseticida, cujos fatores podem interferir negativamente (LAZNIK et al., 2012; BECK et al., 2013; ÖZDEMIR; INAK; LAZNIK, 2020).

Os inseticidas botânicos como óleos essenciais e fixos são derivados das plantas constituídos por compostos químicos que atuam como repelentes, antialimentares e tóxicos para diversas espécies de insetos praga, fungos e nematoides (ISMAN, 200; KLEIN et al. 2020). Quanto ao efeito nematicida, óleos essenciais provenientes de plantas pertencentes às famílias Lamiaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Lauraceae e Poaceae foram observados

como potenciais redutores de populações dos nematoides fitoparasitas *Bursaphelenchus xylophilus* (Rhabditida: Aphelenchoididae) e *Meloidogyne* spp. (Rhabditida: Meloidogynidae) (OKA *et al.*, 2000). Por outro lado, em nematoides entomopatogênicos pertencentes à espécie *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae), a combinação com o óleo de nim não afetou a sobrevivência e viabilidade dos mesmos no controle de *Bactrocera zonata* (Saunders, 1842) (Diptera: Tephritidae) (MAHMOUD, 2007).

Embora os inseticidas botânicos sejam considerados substâncias de menor impacto devido à sua baixa persistência no ambiente, esses compostos podem ocasionar efeito negativos em organismos não alvos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a mortalidade, o comportamento de mobilidade e a infectividade dos nematoides entomopatogênicos *Heterorhabditis amazonensis* isolado IBCB 10 (Rhabditida: Heterorhabditidae) e *Steinernema rarum* isolado PAM 25 (Rhabditida: Steinernematidae) sob exposição de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários em larvas de *Liriomyza sativae*.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados no laboratório de Entomologia do Núcleo de desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI) no Campus de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da UFES, em Alegre -ES.

4.2.1 Obtenção dos insetos

Item 2.2.1 (página 42)

4.2.2 Obtenção dos nematoides entomopatogênicos

As espécies de nematoides entomopatogênicos utilizados foram provenientes do Instituto Biológico de Campinas – SP.

A manutenção das espécies de nematoides entomopatogênicos foi realizada em câmaras climatizadas sob temperatura de $16 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 10\%$. Para a manutenção da viabilidade e revigoração, suspensões de 1 mL contendo juvenis infectantes (JI) foram colocadas sob placas de Petri (9cmØ) contendo papel filtro e 10 larvas de *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae) como hospedeiro para multiplicação. Após 48 horas as larvas foram transferidas para armadilhas de White modificada (WHITE, 1927) e mantidas em temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de 60

±10% e ausência de luz. Após 11 dias os juvenis infectantes (JI) que emergiram foram coletados e acondicionados em recipientes plásticos contendo água destilada em câmaras climatizadas.

4.2.3 Obtenção dos óleos e compostos majoritários

Os óleos utilizados nos bioensaios foram adquiridos comercialmente com exceção do óleo de gengibre, cuja extração foi realizada no Instituto Federal do Espírito Santo (Campus Alegre). As informações a respeito dos óleos adquiridos comercialmente utilizados são:

- Óleo essencial de Eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) Ferquima, lote 114. Fabricação: junho 2019, Validade: junho 2021.

- Óleo essencial de Citronela (*Cymbopogon winterianus*) Ferquima, lote 158. Fabricação: agosto 2019. Validade: agosto 2021.

- Óleo essencial de Alecrim (*Rosmarinus officinalis*), Destilaria Bauru, lote DBKT-ALIP1218/312. Fabricação: dezembro 2018. Validade: dezembro 2020.

- Óleo fixo de Nim (*Azadirachta indica*), Ribeirão Comercial Agrícola Ltda. Fabricação: fevereiro 2019. Validade: fevereiro 2021.

- Óleo de gengibre (*Zingiber officinale*): os rizomas adquiridos comercialmente foram triturados, misturados com água destilada e colocados em um balão de destilação com capacidade de dois litros, em um aparelho Clevenger, o qual realiza a extração do óleo por meio da hidrodestilação, conforme a metodologia descrita por Bravim dos Santos *et al.* (2021). Após o período de quatro horas, a mistura de óleos com a água (hidrolato) foi submetido à centrifugação a 6.000 rpm pelo período de 10 minutos, com o intuito de separar as fases óleo e água. Após a separação do óleo, o mesmo foi coletado e armazenado sob refrigeração a temperatura inferior a -5°C

- Composto majoritário D-limoneno, Fraction – Químicos Fracionados, lote 190715/01. Fabricação: julho 2019. Validade: julho 2021.

- Composto majoritário cânfora, Distriol – Comércio e Insumos Ltda, lote 2081/22782. Fabricação 23/05/2019. Validade: maio 2021.

4.2.4 Mortalidade de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais e fixos

Os bioensaios foram realizados no laboratório de Entomologia do Núcleo de desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI) no Campus de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE) da UFES, em Alegre -ES.

Para a avaliação do efeito tóxico dos óleos e compostos majoritários sobre os nematoides entomopatogênicos, soluções de cada um dos óleos foram preparadas de acordo com a metodologia de Mc Donnel et al. (2016), com adaptações, por meio da mistura dos óleos e compostos majoritários com Tween 80 a 0,05% v/v e adição de água para obter a concentração de 1% v/v. Como testemunha foi utilizada água com Tween 80 a 0,05% v/v.

As suspensões contendo nematoides foram preparadas de acordo com a média do número de juvenis infectantes em três amostras de 20 μ L e estimadas para que houvesse uma média de 15 juvenis infectantes em 50 μ L.

Em recipientes plásticos (3,5cm \varnothing) foram colocados 2 mL de solução composta por 50 μ L de suspensão de nematoides, 20 μ L de óleo/compostos majoritários com Tween 80 e 1,93 mL de água. Posteriormente, os recipientes foram colocados em câmaras climatizadas em temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $70 \pm 10\%$.

As avaliações foram realizadas após quatro dias através da contagem e observação da mobilidade dos juvenis, cuja mortalidade foi confirmada ao observar o indivíduo com o corpo estendido após o estímulo com estilete, e sobrevivência após a movimentação do corpo (Figura 1) de acordo com a metodologia de Barua et al. (2020).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (8 x 2) com sete óleos e testemunha e duas espécies de nematoides entomopatogênicos com 10 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

4.2.5 Comportamento de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários

Para avaliação do efeito dos óleos sobre a mobilidade dos nematoides entomopatogênicos, foi realizado um teste analisando a frequência de batidas laterais do corpo dos juvenis em meio líquido, de acordo com a metodologia de Sleight (2010) com adaptações.

Soluções contendo os juvenis infectantes e os óleos e compostos majoritários foram preparadas utilizando metodologia semelhante ao teste de mortalidade e colocadas em recipientes plásticos. Posteriormente, sob microscópio estereoscópio foi contabilizado o número de batidas para três nematoides selecionados aleatoriamente durante um minuto nos três respectivos tempos: 0 minutos, 30 minutos e 60 minutos.



Figura 1 Nematóide entomopatogênico em solução de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários. (A) Nematóide entomopatogênico imóvel com o corpo estendido (juvenil morto) (B) Nematóide entomopatogênico em movimento (juvenil vivo).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em fatorial (8 x 3), com sete óleos e a testemunha e três tempos, com 3 repetições para cada tempo. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

4.2.6 Infectividade de nematoides entomopatogênicos em larvas de *L. sativae* submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários

A virulência dos nematoides entomopatogênicos sobre as larvas de *L. sativae* foi verificada mediante da mistura de 12 mL de suspensão contendo os juvenis infectantes de cada uma das espécies com 120 μ L de óleos e compostos majoritários e Tween 80 a 0,05% v/v. em tubos de vidro (2,5x 8,5cm), os quais foram colocados à temperatura de $16^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa de $60 \pm 10\%$ (Figura 2A). Após 30 minutos, o sobrenadante (3mL) foi retirado e adicionado água destilada com o intuito de remover o resíduo de óleo e/ou composto majoritário, de acordo com a metodologia de Özdemir et al. (2020). Esse procedimento foi realizado três vezes. Posteriormente, foi retirada dessa suspensão uma alíquota contendo 50 juvenis infectantes de acordo com a estimativa da contagem tripla de amostras de 20 μ L, e colocado em recipientes plásticos (3,5cm \varnothing) contendo papel filtro, um disco foliar com uma larva de *L. sativae* com cinco dias de idade (Figura 2B). O número de juvenis infectantes utilizado foi de acordo com resultados de testes preliminares para as duas espécies de nematoides entomopatogênicos, cujo número foi capaz a infectar uma larva de *L. sativae*. Os recipientes foram mantidos em temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 10\%$.

As avaliações foram realizadas após quatro dias, de acordo com a metodologia de Gayatri e Duraimurugan (2019), através da observação da coloração das larvas mortas (Figura 2C) e da dissecação de larvas e pupas (Figura 2D).



Figura 2 Bioensaio de infectividade de nematoides entomopatogênicos em larvas de *L. sativae*. (A) Soluções de óleos/compostos majoritários com suspensões de *H. amazonensis* e *S. rarum*. (B) Recipiente plástico contendo um disco foliar com uma larva de *L. sativae*. (C) Larva de *L. sativae* infectada com nematoide entomopatogênico. (D) Dissecação de larva de *L. sativae*.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 18 repetições. Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e as médias comparadas pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019). Para classificação de seletividade, a redução de infectividade foi calculada de acordo com Peters e Poullot (2004), baseado no guia IOBC pela fórmula: $\text{Red (\%)} = (1 - It/Ic) \times 100$ modificada, em que It correspondeu à mortalidade nos tratamentos e Ic a mortalidade na testemunha. De acordo com os resultados de redução da infectividade, os óleos e compostos majoritários receberam às seguintes classificações: (1) não tóxicos (< 30%), (2) pouco tóxicos (30-79%), (3) moderadamente tóxicos (4) (80-99%) e tóxicos (>99%).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Mortalidade de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais e fixos

Os óleos e compostos majoritários ocasionaram mortalidade nas duas espécies de nematoides entomopatogênicos. A interação entre os fatores óleos/compostos majoritários e espécie de nematoide entomopatogênico foi significativa ($F = 2,35$; $p < 0,05$). Para a espécie *H. amazonensis*, o óleo de gengibre (*Z. officinale*) e o composto majoritário cânfora ocasionaram $82,59 \pm 11,61\%$ e $85,71 \pm 12,41\%$ de mortalidade, respectivamente, considerados os maiores valores os quais diferenciaram significativamente dos demais ($F = 5,18$, $p < 0,001$). Para a espécie *S. rarum*, os maiores valores de mortalidade foram observados nos óleos de gengibre (*Z. officinale*) ($84,40 \pm 10,41\%$) e eucalipto (*E. citriodora*) ($86,10 \pm 10,87\%$), diferenciando dos demais. Para a maioria das substâncias não houve diferença na mortalidade entre as espécies, com exceção do óleo de eucalipto (*E. citriodora*) que a mortalidade foi superior para *S. rarum* em comparação aos demais ($F = 5,85$; $p < 0,05$) e para o composto majoritário cânfora, que a mortalidade foi superior para a espécie *H. amazonensis* ($F = 6,38$; $p < 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1 Mortalidade corrigida (%) (\pm desvio padrão) das espécies de nematoides entomopatogênicos *Heterorhabditis amazonensis* e *Steinernema rarum* submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$.

Óleos 1%	<i>Heterorhabditis amazonensis</i>	<i>Steinernema rarum</i>
D-limoneno	$62,50 \pm 15,92$ Ab*	$63,89 \pm 11,18$ Ab
Eucalipto	$67,86 \pm 10,27$ Bb	$86,10 \pm 10,87$ Aa
Gengibre	$82,59 \pm 11,61$ Aa	$84,40 \pm 10,41$ Aa
Alecrim	$57,59 \pm 17,38$ Ab	$53,90 \pm 18,15$ Ab
Citronela	$69,64 \pm 12,77$ Ab	$57,80 \pm 20,15$ Ab
Cânfora	$85,71 \pm 12,41$ Aa	$66,70 \pm 22,98$ Bb
Nim	$58,48 \pm 20,90$ Ab	$66,70 \pm 20,80$ Ab

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4.3.2 Comportamento de nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação de óleos essenciais e fixos

A interação entre os fatores óleos/compostos majoritários e tempo foi significativa para a espécie *H. amazonensis* ($F = 7,08$; $p < 0,001$). O número de batidas laterais corporais na presença do óleo de eucalipto (*E. citriodora*) ($45,11 \pm 22,90$) diferenciou significativamente das demais, representando o menor valor observado no tempo 0 ($F = 12,77$; $p < 0,001$). Após 30 minutos, os menores valores de batidas do corpo foram observados para os óleos de eucalipto (*E. citriodora*) ($5,22 \pm 5,84$) e alecrim (*R. officinalis*) ($3,11 \pm 6,31$), os quais

apresentaram diferença significativa quando comparados aos outros óleos/compostos majoritários ($F = 20,95$; $p < 0,001$). Semelhantemente, após 60 minutos ambos os óleos mencionados diferenciaram dos demais com os menores valores de batidas laterais corporais, com médias de $0,55 \pm 0,52$ para o óleo de eucalipto (*E. citriodora*) e $0,00 \pm 0,00$ para o óleo de alecrim (*R. officinalis*) ($F = 9,25$; $p < 0,001$). Em relação ao tempo 0, houve redução no número de batidas laterais do corpo para todos os óleos, compostos majoritários e para a testemunha, com exceção do óleo de citronela (*C. winterianus*) que não diferenciou entre os três tempos avaliados ($F = 1,04$; $p = 0,35$) (Tabela 2).

Tabela 2 Número médio de batidas corporais de *Heterorhabditis amazonensis* (\pm desvio padrão) submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários em três intervalos de tempo, em laboratório sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60 \pm 10\%$.

Óleos 1%	0	30	60
Testemunha	138,44 \pm 27,41Aa*	108,00 \pm 21,36 Ba	79,66 \pm 14,22 Ca
D-limoneno	99,44 \pm 37,87 Ab	52,77 \pm 33,40 Bb	28,77 \pm 22,25 Cc
Eucalipto	45,11 \pm 22,90 Ad	5,22 \pm 5,84 Bd	0,55 \pm 0,52 Bd
Gengibre	67,77 \pm 29,53 Ac	58,22 \pm 9,98 Ab	31,44 \pm 25,23 Bc
Alecrim	79,77 \pm 22,41 Ac	3,11 \pm 6,31 Bd	0,00 \pm 0,00 Bd
Citronela	77,11 \pm 28,86 Ac	65,22 \pm 27,21 Ab	77,66 \pm 16,84 Aa
Cânfora	129,88 \pm 31,63 Aa	30,44 \pm 38,22 Bc	48,77 \pm 18,36 Bb
Nim	66,55 \pm 23,34 Ac	33,22 \pm 16,90 Bc	25,11 \pm 11,93 Bc

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Para a espécie *S. rorum*, a interação entre os fatores óleos/compostos majoritários e tempo foi significativa ($F = 7,03$; $p < 0,001$). No tempo 0, o menor número de batidas corporais foi observado na presença do óleo de eucalipto (*E. citriodora*) com valor de $43,44 \pm 34,00$, diferenciando dos demais ($F = 12,77$; $p < 0,001$). Assim como para a espécie *H. amazonensis*, o número de batidas laterais corporais na presença dos óleos de eucalipto (*E. citriodora*) e alecrim (*R. officinalis*) após 30 minutos diferenciou dos outros tratamentos com os menores valores, representados por $7,11 \pm 4,42$ e $1,88 \pm 2,08$, respectivamente. ($F = 20,95$; $p < 0,001$). Após 60 minutos, os óleos de eucalipto (*E. citriodora*), alecrim (*R. officinalis*), gengibre (*Z. officinale*) e nim (*A. indica*) apresentaram os menores valores de batidas laterais corporais, diferenciando dos demais ($F = 9,25$; $p < 0,001$). Ao longo do tempo houve redução no número de batidas para todos os óleos, compostos majoritários e para a testemunha. Após 30 minutos, o óleo de gengibre (*Z. officinale*) apresentou valor semelhante ao número de batidas encontrados no tempo 0 e diferenciou apenas após 60 minutos ($F = 34,22$; $p < 0,001$). (Tabela 3).

Tabela 3 Número médio de batidas corporais de *Steinernema rorum* (\pm desvio padrão) submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários em três intervalos de tempo, em laboratório sob temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $60\pm 10\%$.

Óleos 1%	0	30	60
Testemunha	127,77 \pm 30,49 Aa*	108,44 \pm 22,03 Ba	79,66 \pm 14,22 Ca
D-limoneno	127,00 \pm 50,02 Aa	59,11 \pm 35,08 Bb	40,44 \pm 16,79 Bb
Eucalipto	43,44 \pm 34,00 Ad	7,11 \pm 4,42 Bd	5,77 \pm 16,96 Bc
Gengibre	98,33 \pm 32,56 Ab	90,33 \pm 24,93 Aa	26,66 \pm 23,46 Bc
Alecrim	73,33 \pm 28,42 Ac	1,88 \pm 2,08 Bd	0,00 \pm 0,00 Bc
Citronela	76,77 \pm 16,55 Ac	27,00 \pm 16,55 Bc	42,11 \pm 18,05 Bb
Cânfora	122,88 \pm 37,9 Aa	30,44 \pm 38,22 Bc	48,77 \pm 18,36 Bb
Nim	95,33 \pm 9,28 Ab	27,66 \pm 9,28 Bc	20,33 \pm 13,10 Bc

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4.3.3 Infectividade de nematoides entomopatogênicos em larvas de *L. sativae* submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários

A infectividade de ambas as espécies de nematoides entomopatogênicos reduziu ao serem expostos a determinados óleos e compostos majoritários. Para a espécie *H. amazonensis* as menores médias foram observadas para os óleos de eucalipto (*E. citriodora*) (27,77%), alecrim (*R. officinalis*) (27,77%), gengibre (*Z. officinale*) (38,88%) e para o composto majoritário cânfora (44,44%) Em relação à testemunha, a infectividade de *H. amazonensis* manteve-se quando exposto aos óleos de citronela (*C. winterianus*) (55,55%), nim (*A. indica*) (77,77%) e ao composto majoritário d-limoneno (66,66%). Quanto aos óleos de eucalipto (*E. citriodora*), alecrim (*R. officinalis*) e gengibre (*Z. officinale*) e o composto majoritário cânfora, os mesmos diferenciaram do óleo de nim (*A. indica*) apresentando menores taxas de infectividade (Qui Quadrado = 23,46; $p < 0,01$). (Tabela 4).

Semelhantemente, para a espécie *S. rorum*, os óleos de eucalipto (*E. citriodora*) (44,44%), alecrim (*R. officinalis*) (38,88%) e gengibre (*Z. officinale*) (44,44%) ocasionaram as menores taxas de infectividade, além do óleo de citronela (*C. winterianus*) (50,00%). O óleo de nim (*A. indica*) (77,77%) e os compostos majoritários d-limoneno (66,66%) e cânfora (66,66%) não diferenciaram da testemunha em relação à infectividade. Dentre os óleos e compostos majoritários avaliados, houve diferença entre os óleos de alecrim (*R. officinalis*) (38,88%) e nim (*A. indica*) (72,00%) (Qui Quadrado = 18,23; $p < 0,01$) (Tabela 5).

Tabela 4 Infectividade de *Heterhabditis amazonensis* submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários em laboratório sob temperatura de 25±2°C e umidade de 60±10% mensurada pela mortalidade de larvas de *Liriomyza sativae*.

Óleos 1%	Testemunha	D-limoneno	Eucalipto	Gengibre	Alecrim	Citronela	Cânfora	Nim
D-limoneno	0,1591	-	-	-	-	-	-	-
Eucalipto	0,0004*	0,0099*	-	-	-	-	-	-
Gengibre	0,0039*	0,0481	0,2529	-	-	-	-	-
Alecrim	0,0040*	0,0099*	0,5000	0,2529	-	-	-	-
Citronela	0,0481	0,2529	0,0481	0,1591	0,0481	-	-	-
Cânfora	0,0099*	0,0916	0,1591	0,3697	0,1591	0,2529	-	-
Nim	0,3687	0,2529	0,0014*	0,0099*	0,0014*	0,0916	0,0230*	-
Mortalidade (%)	83,33	66,66	27,77	38,88	27,77	55,55	44,44	77,77
Kruskal-Wallis Qui-quadrado				23,46				
Graus de liberdade				7				
p-valor				< 0,05				

*Valores p-valor diferem em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunn.

Tabela 5 Infectividade de *Steinernema rarum* submetidos à aplicação de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários em laboratório sob temperatura de 25±2°C e umidade de 60±10%, mensurada pela mortalidade de larvas de *Liriomyza sativae*.

Óleos 1%	Testemunha	D-limoneno	Eucalipto	Gengibre	Alecrim	Citronela	Cânfora	Nim
D-limoneno	0,0452	-	-	-	-	-	-	-
Eucalipto	0,0012*	0,0878	-	-	-	-	-	-
Gengibre	0,0012*	0,0878	0,5000	-	-	-	-	-
Alecrim	0,0004*	0,0452	0,3674	0,3674	-	-	-	-
Citronela	0,0034*	0,1548	0,3674	0,3674	0,2491	-	-	-
Cânfora	0,0452	0,5000	0,0878	0,0878	0,0452	0,1548	-	-
Nim	0,0878	0,3674	0,0452	0,0452	0,0211*	0,0878	0,3674	-
Mortalidade (%)	94,44	66,66	44,44	44,44	38,88	50,00	66,66	72,00
Kruskal-Wallis Qui-quadrado				18,23				
Graus de liberdade				7				
p-valor				< 0,05				

*Valores p-valor diferem em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunn.

Quanto à classificação da toxicidade dos óleos e compostos majoritários, o óleo de nim (*A. indica*) e o composto majoritário d-limoneno foram classificados como (1) não tóxicos para ambas as espécies de nematoides e o composto majoritário cânfora para a espécie *S. rarum*. Os demais óleos receberam classificação (2) pouco tóxicos para as espécies *H. amazonensis* e *S. rarum* (Tabela 6).

Tabela 6 Redução da infectividade de nematoides entomopatogênicos em larvas de *Liriomyza sativae* e classificação de toxicidade de óleos essenciais, fixos e compostos majoritários sob temperatura de 25±2°C e umidade de 60±10%.

Óleos 1%	Red (%) ¹	Classificação	Red (%) ²	Classificação
Testemunha	-	-	-	-
D-limoneno	20,00	1	29,41	1
Eucalipto	66,67	2	52,94	2
Gengibre	53,34	2	53,94	2
Alecrim	66,67	2	58,83	2
Citronela	33,33	2	47,05	2
Cânfora	46,66	2	29,41	1
Nim	6,67	1	23,76	1

¹Redução da infectividade: $Red (%) = (1 - It/Ic) \times 100$

²Classificação toxicológica de acordo com IOBC: (1) não tóxicos (< 30%) e (2) pouco tóxico (30-79%)

4.4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que todos os óleos essenciais, fixos e compostos majoritários apresentaram toxicidade e ocasionaram mortalidade superior a 50% para as espécies de nematoides entomopatogênicos *H. amazonensis* e *S. rorum* após o período de quatro dias. Diversos estudos mostraram que os óleos essenciais e fixos possuem efeito tóxico sobre nematoides fitoparasitas (PANDEY et al., 2000; PARK et al., 2005; CABONI et al., 2013) e no presente estudo foi elucidado o efeito sobre nematoides entomopatogênicos.

Os óleos de gengibre (*Z. officinale*) e eucalipto (*E. citriodora*) ocasionaram os maiores valores de mortalidade para *S. rorum* e para *H. amazonensis*, as maiores mortalidades foram obtidas pelo óleo de gengibre (*Z. officinale*) e para o composto majoritário cânfora. Embora os mecanismos de ação dos óleos essenciais sobre os nematoides ainda não tenha sido bem esclarecidos (BARUA et al., 2020), acredita-se que a ausência da quitina em sua estrutura pode facilitar a penetração dos compostos presentes nos óleos (VEECH, 1978; NEGRISOLI JR. et al., 2010). O outro fator é em relação à epiderme dos nematoides, cuja formação é de apenas uma única camada de células (BIRD; BIRD, 1991). Embora essa camada seja resistente aos fatores adversos, a proteção da mesma é regulada por proteínas específicas as quais são inibidas na presença de algumas substâncias químicas (DING et al., 2018). Dessa forma, a exposição aos óleos essenciais e compostos majoritários pode ter interferido na expressão dessas proteínas ocasionando a mortalidade dos mesmos.

Os componentes majoritários presentes no óleo de gengibre (*Z. officinale*) são classificados principalmente como hidrocarbonetos sesquiterpênicos (Capítulo 3, p.86). O efeito tóxico

desses compostos foi verificado em nematoides pertencentes à espécie *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949) (Rhabditida: Meloidogynidae) através da redução da população em baixas concentrações dos compostos (KHOSHKHOO; HEDIN; MC CARTY, 1994; CHITWOOD, 2002) e também para os nematoides entomopatogênicos pertencentes à espécie *Steinernema carpocapsae* (Rhabdita: Steinernematidae) e *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae), cuja virulência sobre larvas de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) foi reduzida (ROHDE et al., 2013).

A alta mortalidade dos nematoides entomopatogênicos ocasionada pelo óleo de eucalipto (*E. citriodora*) no presente estudo assemelha-se aos resultados obtidos por Ibrahim; Traboulsi e El-haj (2006) e Gupta; Sharma e Naik (2011), ambos para a espécie de nematoide fitoparasita *M. incognita*. Segundo os autores, o efeito do óleo de eucalipto (*E. citriodora*) sobre os juvenis é decorrente da mistura complexa de monoterpenos oxigenados que desempenham alterações no organismo dos mesmos. Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, é possível observar que o óleo essencial de eucalipto ocasionou mortalidade superior ao óleo de citronela para a espécie *S. rarum*. Dessa forma, pode-se atribuir o maior efeito tóxico à mistura dos componentes presentes no óleo e não somente ao seu composto majoritário, uma vez que ambos os óleos de eucalipto (*E. citriodora*) e citronela (*C. winterianus*) possuem o composto citronelal como majoritário (Capítulo 3, p. 78).

A mortalidade ocasionada pelo óleo de alecrim (*R. officinalis*), foi uma das menores em comparação à outros óleos e compostos majoritários para as duas espécies de nematoides entomopatogênicos, enquanto que para a cânfora, composto majoritário do mesmo, a mortalidade para a espécie *H. amazonensis* foi superior. Segundo Nicolau et al (2013), em determinadas situações, o efeito tóxico de um óleo essencial pode ser atribuído principalmente ao seu composto majoritário. Dessa forma, pode-se observar que o efeito nematicida do óleo essencial de alecrim (*R. officinalis*) pode ocorrer principalmente devido a presença da cânfora, que é um componente em elevada concentração em sua composição.

Embora o óleo de nim (*A. indica*) tenha apresentado redução na sobrevivência das espécies *H. amazonensis* e *S. rarum*, a infectividade do mesmo foi equivalente aos juvenis que não receberam a aplicação do óleo. Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Stark (1990); Krishnayya e Grewal (2002) e Raheel et al. (2017) em que se verificou baixa toxicidade e influência no comportamento de espécies pertencentes aos gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema* submetidos à aplicação do composto Azadiractina. Por outro lado, resultados distintos foram observados por Alumai et al. (2004), os quais evidenciaram

alta sensibilidade de juvenis na presença do óleo de nim. Essas divergências de resultados são decorrentes de características de cada espécie de nematoide bem como de cada isolado de uma mesma espécie (LAZNIK; TRDAN, 2014), além da concentração e tempo de exposição do produto (NEGRISOLI JR. et al., 2010). Além disso, os componentes na composição do óleo de nim podem influenciar no comportamento dos nematoides, como os terpenos ninbim e salanin, cujo efeito nematicida foi evidenciado (MOJUMDER et al., 2002; PETRIKOVSZKI *et al.*, 2019).

As menores médias de infectividade para ambas as espécies de nematoides entomopatogênicos foram ocasionadas principalmente pelos óleos de eucalipto (*E. citriodora*), gengibre (*Z. officinale*) e alecrim (*R. officinalis*), os quais apresentaram redução significativa do número de batidas laterais ao longo do tempo. De acordo com Faske et al. (2015), diversas substâncias químicas utilizadas no manejo de pragas atuam na inibição da ação da enzima succinato desidrogenase presente no ciclo de Krebs, reduzindo a produção de energia e conseqüentemente a mobilidade dos nematoides. Dessa forma, como a ação dos componentes presentes nos óleos essenciais sobre esses organismos é desconhecida, pode-se atribuir a redução da infectividade e movimentos do corpo a algum composto que tenha ação no funcionamento da enzima succinato desidrogenase. Por outro lado, embora os óleos e compostos majoritários tenham reduzido a infectividade e ocasionado um efeito tóxico nos nematoides entomopatogênicos, a mortalidade de larvas de *L. sativae* foi observada devido à ação dos mesmos, enfatizando que mesmo sob aplicação desses compostos, esses agentes de controle desempenharam sua função. Essas observações são decorrentes à insuscetibilidade desses organismos a determinadas substâncias químicas que podem estar presentes nos inseticidas botânicos se os mesmos possuírem mecanismo de ação neurotóxico. Segundo Khan et al. (2018), a enzima butirilcolinesterase presente na sinapse dos nematoides atua como protetora da enzima acetilcolinesterase em situações que haja alguma substância de inibição e competição pelo sítio ativo.

No presente estudo, os óleos que ocasionaram redução da infectividade foram semelhantes àqueles que apresentaram redução no número de batidas laterais ao longo do tempo, como o óleo de alecrim (*R. officinalis*). Entretanto, a ausência de movimento do corpo dos nematoides entomopatogênicos submetidos à aplicação desse óleo não se relacionou com a mortalidade, uma vez que após quatro dias houve sobrevivência dos mesmos. Esses resultados são devido ao comportamento quiescente que os nematoides entomopatogênicos possuem em reduzir sua atividade e permanecerem em uma posição em formado de “J”, após a exposição a produtos químicos ou condições adversas, mesmo depois do estímulo mecânico. Devido a esse fator, incongruências entre os resultados de bioensaios de

comportamento com resultados de mortalidade e infectividade são comumente observados (NEGRISOLI JR. et al., 2010; LAZNIK et al., 2012; LAZNIK; TRDAN, 2014).

4.5 CONCLUSÃO

Os óleos essenciais, fixos e compostos majoritários apresentam efeitos tóxicos para as duas espécies de nematoides entomopatogênicos, principalmente o óleo de gengibre (*Z. officinale*) e o composto majoritário cânfora para a espécie *H. amazonensis* e os óleos de gengibre (*Z. officinale*) e eucalipto (*E. citriodora*) para a espécie *S. rarum*.

Os óleos de eucalipto (*E. citriodora*), alecrim (*R. officinalis*), citronela (*C. winterianus*), gengibre (*Z. officinale*) e o composto majoritário cânfora ocasionam redução na mobilidade das espécies *H. amazonensis* e *S. rarum* e na infectividade em larvas de *L. sativae*.

O óleo de nim (*A. indica*) e o composto majoritário d-limomeno são compatíveis com as espécies *H. amazonensis* e *S. rarum* no manejo de *L. sativae*.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUMAI, A.; GREWAL, P.S. Tankmix-compatibility of the entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, with selected chemical pesticides used in turfgrass. **Biocontrol Science Technology**, v. 14, n. 7, p. 725–730, 2004.

BARUA, A., MCDONALD-HOWARD, K. L., MC DONNELL, R. J., RAE, R., WILLIAMS, C. D. Toxicity of essential oils to slug parasitic and entomopathogenic nematodes. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 4, p. 1411-1419, 2020.

BARZMAN, M.; BÀRBERI, P.; BIRCH, A. N. E.; BOONEKAMP, P.; Dachbrodt-Saaydeh, S.; GRAF, B.; HOMMEL, B.; JENSEN, J. E.; KISS, J.; KUDSK, P.; LAMICHHANE, J. R.; MESSÉAN, A.; MOONEN, A. C.; RATNADASS, A.; RICCI, P.; SARAH, J. L.; SATTIN, M. Eight principles of integrated pest management. **Agronomy for sustainable development**, v. 35, n. 4, p. 1199-1215, 2015.

BECK, B., BRUSSELMAN, E., NUYTTENS, D., MOENS, M., POLLET, C., TEMMERMAN, F., SPANOGHE, P., Improving foliar applications of entomopathogenic nematodes by selecting adjuvants and spray nozzles. **Biocontrol Science Technology**, v.23, n. 5, p. 507–520, 2013.

BIRD, A. F.; BIRD, J. **The structure of nematodes**, In: The Epidermis. Academic Press, 2ed, 301P., 1991.

BRIDA, A. L.; CANDELARIA, M. C.; CASTRO, B. M. C.; LEITE, L. G.; WILCKEN, S. R. S.; ZANUNCIO, J. C.; WILCKEN, C. F. Pathogenicity of *Steinernema brazilense* (Rhabditida:

Steinernematidae) to *Gonipterus platensis* (Coleoptera: Curculionidae) prepupae. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, n. 1, p. 213-216, 2021.

CABONI, P.; SABA, M.; TOCCO, G.; CASU, L.; MURGIA, A.; MAXIA, A.; NTALLI, N. (2013). Nematicidal activity of mint aqueous extracts against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 41, p. 9784-9788, 2013.

CHITWOOD, D. J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual review of phytopathology**, v. 40, n.1 , p. 221-249, 2002.

DEVI, G. Mass Production of Entomopathogenic Nematodes- A Review. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 3, n. 3, p. 1032-1043, 2018.

DING, X., RUI, Q., ZHAO, Y., SHAO, H., YIN, Y., WU, Q.; WANG, D. Toxicity of graphene oxide in nematodes with a deficit in the epidermal barrier caused by RNA interference knockdown of unc-52. **Environmental Science & Technology Letters**, v. 5, n. 11, p. 622-628, 2018.

FASKE, T. R.; HURD, K. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to fluopyram. **Journal of Nematology**, v. 47, n. 4, p. 316-321, 2015.

GAYATRI, B.; DURAIMURUGAN, P. Bio-efficacy of *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae) in oilseed crops. **Journal of Biological Control**, v. 33, n. 2, p. 169-172, 2019.

GREWAL, P.S.; KOPPENHÖFER, A.; CHOO, H.Y. **Lawn, turfgrass and pasture applications**. In: Nematodes as biocontrol agents, pp 115–146, 2005.

GUPTA, A.; SHARMA, S.; NAIK, S. N. Biopesticidal value of selected essential oils against pathogenic fungus, termites, and nematodes. **International biodeterioration & biodegradation**, v. 65, n. 5, p. 703-707, 2011.

IBRAHIM, S. K.; TRABOULSI, A. F.; EL-HAJ, S. Effect of essential oils and plant extracts on hatching, migration and mortality of *Meloidogyne incognita*. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 45, n. 3, p. 238-246, 2006.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, n. 10, p. 603–608, 2000.

KHAN, R. R.; ALI, R. A.; ALI, A.; ARSHAD, M.; MAJEED, S., AHMED, S.; KHAN, S. A. Compatibility of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) and the biocide, spinosad for mitigation of the armyworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2018.

KHOSHKHOO, N.; HEDIN, P. A.; MCCARTY, JR, J. C. Terpenoid aldehydes in root-knot nematode susceptible and resistant cotton plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 1, p. 204-208, 1994.

KLEIN, M. L.; CHASTAIN, T. G.; GARBACIK, C. J.; QIAN, Y. P. L., MC DONNELL, R. J. Acute toxicity of essential oils to the pest slug *Deroceras reticulatum* in laboratory and greenhouse bioassays. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 415-425, 2020.

KOPPENHÖFER, A. M.; FUZY, E.M. Effect of the anthranilic diamide insecticide, chlorantraniliprole, on *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) efficacy against white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae). **Biol Control**, v. 45, n. 1, p. 93–102, 2008.

KRISHNAYYA, P. V.; GREWAL, P. S. Effect of Neem and Selected Fungicides on Viability and Virulence of the Entomopathogenic Nematode *Steinernema feltiae*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 12, n. 2, p. 259-266, 2002.

LAZNIK, Ž.; TRDAN, S. The influence of herbicides on the viability of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae). **International Journal of Pest Management**, v. 63, n. 2, p. 105–111, 2017.

LAZNIK, Ž.; TRDAN, S. The influence of insecticides on the viability of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) under laboratory conditions. **Pest Management Science**, v. 70, n. 5, p. 784–789, 2014.

LAZNIK, Z.; VIDRIH, M.; TRDAN, S. The effects of different fungicides on the viability of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* (filipjev), s. *Carpocapsae* weiser, and *Heterorhabditis downesi* stock, grifn & burnell (nematoda: Rhabditida) under laboratory conditions. **Chilean Journal Agricultural Research**, v. 72, n. 1, p. 62-67, 2012.

LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: Progress and perspective. **Biocontrol News and Information**, v. 30, n.1, 2009.

MAHMOUD, F. Combining the botanical insecticides nsk extract, neemazal t 5%, neemix 4.5% and the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* cross n 33 to control the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders). **Plant Protection Science**, v. 43, n. 1, p. 19-25, 2007.

MOJUMDER, V.; KAMRA, A.; DUREJA, P. Effect of neem extracts on activity and mortality of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Mediterranea**, v. 30, n. 1, p. 83-84, 2002.

NEGRISOLI JR, A. S.; GARCIA, M. S.; NEGRISOLI, C. R. B. Compatibility of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) with registered insecticides for *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. **Crop Protection**, v. 29, n.6, p. 545-549, 2010.

NICULAU, E. S.; ALVES, P. B.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S.; MATOS, A. P.; BERNARDO, A. R.; VOLANTE, A. C.; FERNANDES, J. B.; SILVA, M. F. G. F.; CORRÊA, A. G.; BLANK, A. F.; SILVA, A. C.; RIBEIRO, L. P. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* l'Herit e *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Química Nova**, v. 36, n. 9, p. 1391-1394, 2013.

OKA, Y.; NACAR, S.; PUTIEVSKY, E.; RAVID, U.; YANIV, Z.; SPIEGEL, Y. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. **Phytopathology**, v. 90, n. 7, p. 710–715, 2000.

ÖZDEMİR, E.; İNAK, E.; EVLICE, E.; LAZNIK, Z. Compatibility of entomopathogenic nematodes with pesticides registered in vegetable crops under laboratory conditions. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 127, p. 529-535, 2020.

PANDEY, R.C.; DWIVEDI, B.K. Comparative study of different plant extracts for their nematocidal potential. **Current Nematology**, v. 11, n. 1, p. 39–43, 2000.

PARK, I.K.; PARK, J.Y.; KIM, K.H.; CHOI, K.S.; CHOI, I.H.; KIM, C.S.; SHIN, S.C. Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). **Nematology**, v. 7, n. 5, p. 767–774, 2005.

PETERS, A.; POULLOT, D. Side effects of surfactants and pesticides on entomopathogenic nematodes assessed using advanced IOBC guidelines. **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 27, n. 6, p. 67-72, 2004.

PETRIKOVSKI, R.; DOSHI, P.; TURÓCZI, G.; TÓTH, F.; NAGY, P. Investigating the side-effects of neem-derived pesticides on commercial entomopathogenic and slug-parasitic nematode products under laboratory conditions. **Plants**, v. 8, n. 8, p. 1-8, 2019.

POINAR JUNIOR, G.O.; GREWAL, P.S. History of entomopathogenic nematology. **Journal of Nematology**, v. 44, n. 2, p. 153-161, 2012.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing: Vienna. 2019. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

RAHEEL, M.; JAVED, N.; KHAN, S. A.; AHMED, S. Exploiting the biocontrol potential of entomopathogenic nematodes in combination with chemicals against Greater Wax Moth (*Galleria mellonella* L.). **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 27, n. 3, p. 877-881, 2017.

ROHDE, C.; JUNIOR, A. M.; MERTZ, N. R.; KRUPA, P.; DE OLIVEIRA RAMALHO, K. R. Compatibilidade de nematóides entomopatogênicos e extratos vegetais aquosos visando o controle da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1033-1042, 2013.

SLEIGH, J. N. Functional analysis of nematode nicotinic receptors. **Bioscience Horizons**, v. 3, n. 1, p. 29-39, 2010.

STARK, J. Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae): Toxicity of Neem. **Ecotoxicology**, v. 89, n. 1, p. 68-73, 1990.

TAKEDA, M.; KAWAI, A.; MITSUNAGA, T.; TSUKAZAKI, H.; YAMASHITA, K. I.; WAKO, T. A novel method for evaluating the egg killing defenses and varietal resistance of the bunching onion against *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae) via the artificial inoculation of eggs. **Applied Entomology and Zoology**, v. 55, n. 1, p. 93-103, 2020.

VEECH, J. A. The effect of diflubenzuron on the reproduction of free-living nematodes. **Nematologica**, v. 24, n. 3, p. 312-32, 1978.

WHITE, G.F. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures, **Science**, v. 66, p. 302-303, 1927.