

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

BIOATIVIDADE DE *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* (HEMIPTERA:
APHIDIDAE) E DO PARASITOIDE *Diaeretiella rapae* (HYMENOPTERA:
BRACONIDAE) ASSOCIADA À PRESENÇA DE ÓLEOS ESSENCIAIS EM
COUVE-VERDE *Brassica oleracea* var. *acephala* (BRASSICACEAE)

SUELLEN GODOY DA SILVA
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sanidade vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Agosto de 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Godoy da Silva, Suellen

BIOATIVIDADE DE *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E DO PARASITOIDE *Diaeretiella rapae* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) ASSOCIADA À PRESENÇA DE ÓLEOS ESSENCIAIS EM COUVE-VERDE *Brassica oleracea* var. *acephala* (BRASSICACEAE) / Suellen Godoy da Silva. -- 2020.

54 f.

Orientador: Josué Sant'Ana.

Coorientador: Simone Mundstock Jahnke.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Óleos essenciais. 2. Fitoinseticidas. 3. Afídeos da couve. 4. Quimiotaxia. I. Sant'Ana, Josué, orient. II. Mundstock Jahnke, Simone, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SUELLEN GODOY DA SILVA
Engenheira Agrônoma - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRA EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 29.04.2020
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 27.08.2021
Por

ROBERTO LANNA FILHO
Orientador - PPG Fitotecnia
UFRGS

CARLA ANDRÉA DELATORRE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coorientadora - PPG Fitotecnia
UFRGS

LUIZA RODRIGUES REDAELLI
PPG Fitotecnia/UFRGS

ROSANA MATOS DE MORAES
SEAPDR/RS

MARCUS VINICIUS SAMPAIO
ICIAG/UFU

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

À Deus e ao plano espiritual. À minha família, meus pais Teresa e Mauro por todo o empenho e dedicação em sempre apoiar e incentivar meus estudos. Aos meus avós, Sueli e José, pela disponibilidade de sempre, inclusive em conseguir os pulgões, e por todo amor e carinho. Aos tios, tias, primos e aqueles que de alguma forma participaram de mais uma etapa da minha caminhada.

Aos meus amigos e parceiros de mestrado, que estiveram comigo durante a graduação, e juntos buscamos mais essa etapa: Laura, Rafael, Carolina e Priscila.

Aos meus amigos de infância que aliviam o peso e dissipam o estresse, fazendo rir e ouvindo quando o coração está apertado: Caroline, Carolynne, Savana e Andrew.

À laboratorista Fernanda Borges, pelos ensinamentos e ajuda essencial com a manutenção do Clevenger, óleos essenciais, auxílio com as dosagens e pelas caronas para coletas de material.

Ao amigo e futuro doutor Carlos Diego pelo auxílio e ensinamentos com a criação de *Diaeretiella rapae*.

Ao amigo João Weber pelas coletas de eucalipto.

Aos colegas e agora amigos, de todos os Labs (Leeqi, CBLab, Bioecolab e Lab Acarologia) e de outros departamentos que eu frequentei durante essa jornada aqui representados por: Pati, Nelson, Eduarda, Luciana.

Aos alunos de iniciação científica que são fundamentais para esse trabalho e são aqueles em que deixamos um brilho no olho e um desejo de continuar: Jéssica, Nicolas, Litiane, Kimberly.

Aos meus orientadores Josué e Simone pela troca, disponibilidade e paciência de sempre. Agradeço a Prof.^a Luiza pelas trocas e pela receptividade no Bioecolab. Saibam que aprendi muito com ambos.

À UFRGS pelo ensino público de excelência.

Ao CNPq pela bolsa de fomento.

BIOATIVIDADE DE *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E DO PARASITOIDE *Diaeretiella rapae* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) ASSOCIADA À PRESENÇA DE ÓLEOS ESSENCIAIS EM COUVE *Brassica oleracea* var. *acephala* (BRASSICACEAE)¹

Autor: Suellen Godoy da Silva

Orientador: Prof. Josué Sant'Ana

Coorientadora: Prof. Simone Mundstock Jahnke

RESUMO

Os óleos essenciais (OEs) são produtos gerados pelo metabolismo secundário das plantas. Essas misturas complexas de substâncias químicas naturais podem representar uma alternativa ao uso de inseticidas sintéticos no controle de afídeos, os quais são importantes pragas de couve. No entanto, é necessário atentar para os efeitos dos OEs sobre inimigos naturais de afídeos. Os objetivos desse trabalho foram avaliar os efeitos dos OEs de pimenta-rosa (OEPR) *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), eucalipto-cidrô (OEEC) *Eucalyptus citriodora* Hook, (Myrtaceae) e citronela (OEC) *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) nos afídeos da couve-verde *Brevicoryne brassicae* L. e *Myzus persicae* Sulz. (Hemiptera: Aphididae), assim como no parasitoide *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae), em laboratório. Para avaliar a atividade inseticida ou de repelência aos pulgões foram utilizados discos foliares de couve-verde tratados com cada um dos OEs (0,5 e 1%) ou com água destilada (controle). A quimiotaxia do parasitoide *D. rapae* foi avaliada em olfatômetro de dupla escolha contrastando mudas de couve-verde sem infestação, tratadas com os OEs (0,5%), versus mudas de couve-verde aspergidas com água. O número médio de *B. brassicae* e de *M. persicae* observados em discos foliares tratados com cada um dos três óleos, em ambas as concentrações, foi sempre menor do que os contabilizados sobre os discos tratados com água (controle). As maiores taxas de mortalidade, acima de 80%, para ambas as espécies na concentração de 1%, foram observadas em pulgões que ficaram em contato com o óleo de pimenta-rosa e citronela. Fêmeas de *D. rapae* foram atraídas para plantas de couve-verde aspergidas com OEPR, enquanto OEC teve ação repelente e o OEEC não influenciou a quimiotaxia deste parasitoide. Os resultados indicam um potencial uso dos OEs de pimenta-rosa, eucalipto-cidrô e citronela como uma das ferramentas a serem utilizadas em estratégias de controle dos afídeos da couve.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (54f.) Agosto, 2021.

BIOACTIVITY OF *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) AND PARASITOID *Diaeretiella rapae* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) ASSOCIATED WITH THE PRESENCE OF ESSENTIAL OILS IN CABBAGE *Brassica oleracea* var. *acephala* (BRASSICACEAE)²

Author: Suellen Godoy da Silva

Adviser: Prof. Josué Sant'Ana

Co-adviser: Prof. Simone Mundstock Jahnke

ABSTRACT

Essential oils (OEs) are products generated by the secondary metabolism of plants. These complex mixtures of natural chemicals may represent an alternative to the use of synthetic insecticides in the control of aphids, which are important cabbage pests. However, it is necessary to look at the effects of OEs on natural enemies of aphids. The work aimed to evaluate the effects of OEs of Brazilian pepper tree (OEPR) *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), eucalyptus (OEEC) *Eucalyptus citriodora* Hook, (Myrtaceae) and citronella (OEC) *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) on the cabbage aphids, *Brevicoryne brassicae* L. and *Myzus persicae* Sulz. (Hemiptera: Aphididae), as well as on its parasitoid, *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae), in laboratory. In order to evaluate insecticide or repellency activity, leaf discs of green cabbage were treated (0.5 and 1%) with each of the OEs or with distilled water (control). *D. rapae* chemotaxis was recorded in double-choice olfactometer, contrasting collard green seedlings without infestation, treated with OEs (0.5%) versus green cabbage seedlings treated with water (control). The average number of *B. brassicae* and *M. persicae* observed in leaf discs treated with one of the three oils, in both concentrations, was always lower than those recorded on water treated discs. The highest mortality rates, above 80%, for both species in the concentration of 1%, were observed in aphids that were in contact with Brazilian pepper and citronella oil. Females of *D. rapae* were attracted to green cabbage plants spray with OEPR, while OEC had repellent action and the OEEC did not influence the parasitoid chemotaxis. The results showed a potential use of OEs of Brazilian pepper, eucalyptus and citronella as one of the tools to be used in cabbage aphid control strategies.

² Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (54p.) August, 2021.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Cultura da couve-verde	3
2.2 Afídeos da couve-verde	4
2.2.1 Pulgão-da-couve <i>Brevicoryne brassicae</i>	4
2.2.2 Pulgão-verde-claro-do-pessegueiro <i>Myzus persicae</i>	5
2.2.3 Inimigos naturais de afídeos da couve-verde	6
2.2.3.1 <i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh (Hymenoptera: Braconidae).....	6
2.2.4 Controle químico de afídeos em couve-verde	7
2.2.4.1 Fitoinseticidas	8
2.3 Óleo essencial de <i>Schinus terebinthifolius</i>	9
2.4 Óleo essencial de <i>Eucalyptus citriodora</i>	10
2.5 Óleo essencial de <i>Cymbopogon winterianus</i>	11
2.6 Referências	12
3 ARTIGO 1 - Bioatividade de <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Myzus persicae</i> (Hemiptera: Aphididae) e do parasitoide <i>Diaeretiella rapae</i> (Hymenoptera: Braconidae) associada à presença de óleos essenciais em couve-verde <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> (Brassicaceae)	22
3.1 Introdução	23
3.2 Material e métodos	25
3.3 Resultados e discussão	28
3.4 Referências	31
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
5 ANEXOS	40

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

ARTIGO 1

1. Número médio (\pm DP) de *Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae* mortos após 24 e 48 horas em discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) tratados com óleo essencial de pimenta-rosa (OEPR) (*Schinus terebinthifolius*), eucalipto-cidrô (OEEC) (*Eucalyptus citriodora*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) (OEC) ou com água (controle). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 10 (10 repetições)..... 39

RELAÇÃO DE FIGURAS

ARTIGO 1	Página
1. Resposta (%) quimiotóxica de <i>Brevicoryne brassicae</i> , em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i>) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de pimenta-rosa (OEPR) (<i>Schinus terebinthifolius</i>) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições).....	35
2. Resposta (%) quimiotóxica de <i>Brevicoryne brassicae</i> , em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i>) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de eucalipto-cidrô (OEEC) (<i>Eucalyptus citriodora</i>) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições).....	36
3. Resposta (%) quimiotóxica de <i>Brevicoryne brassicae</i> , em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i>) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de citronela (OEC) (<i>Cymbopogon winterianus</i>) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $p < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições).....	36
4. Resposta (%) quimiotóxica de <i>Myzus persicae</i> , em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i>) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de pimenta-rosa (OEPR) (<i>Schinus terebinthifolius</i>) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições).....	37

5. Resposta (%) quimiotóxica de *Myzus persicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de eucalipto-cidrô (OEEC) (*Eucalyptus citriodora*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)..... 37
6. Resposta (%) quimiotóxica de *Myzus persicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de citronela (OEC) (*Cymbopogon winterianus*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)..... 38
7. Percentuais de respostas quimiotóxicas de fêmeas de *Diaeretiella rapae* (até 48 horas de idade) provenientes de *Brevicoryne brassicae* ou *Myzus persicae* testadas em olfatômetro Y de dupla a escolha entre plantas de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) aspergidas com 0,5% do óleo essencial de pimenta-rosa (OEPR) (*Schinus terebinthifolius*), eucalipto-cidrô (OEEC) (*Eucalyptus citriodora*) ou citronela (OEC) (*Cymbopogon winterianus*) contrastadas com plantas tratadas com água (controle). Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco (*) diferem (χ^2 , $P < 0,05$). NR = número de insetos não responsivos..... 38

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda da sociedade por produtos livres de agrotóxicos sintéticos, bem como o impacto destas substâncias no meio ambiente e à saúde humana têm exigido da pesquisa o desenvolvimento de novas ferramentas de controle de pragas. Dentre estas, está o uso de inseticidas botânicos ou fitoinseticidas, como os óleos essenciais (OEs). Tais produtos são constituídos de uma mistura complexa de compostos químicos oriundos do metabolismo secundário das plantas e podem atuar tanto na repelência como na mortalidade de herbívoros. Devido ao fato de serem naturais, biodegradáveis e de baixo impacto sobre mamíferos, os fitoinseticidas são recomendados para utilização na produção orgânica, podendo servir como uma importante ferramenta ao manejo integrado de pragas. O Brasil possui histórico na produção de OEs de citros, todavia é um país com ampla biodiversidade de recursos naturais da flora e que apresentam diversas possibilidades de estudos de novas matérias-primas renováveis, tanto para indústria farmacêutica e de agroquímicos, podendo ser fonte de geração de renda, sobretudo para produtores rurais.

As crucíferas são culturas frequentemente atacadas por pulgões, os quais ocasionam danos severos e perdas na produtividade. Atualmente, para controle químico de *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) em couve-verde, encontram-se registrados, no Brasil, apenas um inseticida com classe toxicológica três (medianamente tóxico). Em relação à *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) está liberado o uso de 28 produtos, dos quais quinze são extremamente tóxicos, não havendo registro de inimigos naturais para controle destas espécies de afídeos. O amplo espectro de inseticidas é um fator de impacto sobre o controle biológico de pragas, sendo cada vez

mais necessário o uso de produtos com seletividade aos inimigos naturais e seus serviços ecossistêmicos.

Dentre as espécies de plantas que produzem OEs e que tem potencial ação inseticida e/ou repelente, estão a pimenta-rosa, *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), o eucalipto-cidrô, *Eucalyptus citriodora* Hook (Myrtaceae), e a citronela, *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae). Tais espécies, já demonstraram efeitos na mortalidade e/ou repelência em espécies de diferentes ordens como: lepidóptera, coleóptera e também hemiptera. Contudo, são escassos os estudos que avaliem OEs sobre inimigos naturais de afídeo-pragas na cultura da couve-verde. A espécie *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae) é um importante endoparasitoide associado as espécies de afídeo-pragas na cultura da couve, sendo especialista em parasitar *B. brassicae*. O estudo da interação destes produtos com insetos benéficos, como *D. rapae* é de grande relevância quando se trabalha em um sistema integrado no qual se deseja preservar ao máximo as interações naturais no controle de pragas.

Em consonância com o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos inseticidas de mortalidade e repelência dos óleos essenciais de pimenta-rosa, eucalipto-cidrô e citronela nos afídeos-praga *B. brassicae* e *M. persicae* na cultura da couve-verde *Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC., assim como na interação destes óleos com o parasitoide associado *D. rapae*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da couve-verde

A couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) pertence à família Brassicaceae e é originária do continente Europeu (Lännenpää, 2014). Também é conhecida como couve-verde, couve-de-folha ou couve-manteiga, sendo uma hortaliça muito presente na agricultura familiar, principalmente devido ao seu ciclo curto (em média 80 dias), possibilidade de cultivo durante o ano todo, à facilidade de propagação, rotação e consórcio com outras culturas (Trani *et al.*, 2015; Cardoso *et al.*, 2017). No Brasil sua produção tem aumentado, devido as recentes descobertas das propriedades nutricionais dessa cultura (Novo *et al.*, 2010). A cadeia produtiva das brássicas ganhou destaque e importância econômica nos últimos anos, devido aos volumes de produção nas principais regiões produtoras do Brasil e ao retorno financeiro rápido aos produtores, em pequenas áreas (Melo *et al.*, 2017). Segundo o Levantamento Olerícola Comercial do Rio Grande do Sul – 2020, a couve-verde, assim como a cultura do brócolis *Brassica oleracea* var. *italica* (Brassicaceae), ocupam uma área de 6563,9 hectares no RS, abrangendo 3.849 produtores, os quais alcançam por ano uma produção de 82 mil toneladas (Rodrigues, 2021).

No Brasil as empresas de sementes, focadas na produção de brássicas, estão localizadas na porção de clima subtropical, onde a prática ocorre no inverno e nas estações amenas, em outras regiões como norte e centro-oeste a produção fica limitada a locais de altitude (Melo *et al.*, 2019). A propagação pode ser através de sementes ou mudas, isso varia de acordo com a cultivar. Em hortas comerciais brasileiras os agricultores preferem implantar o método de propagação vegetativa, ou seja, com mudas obtidas das ramificações de gemas axilares, o que garante plantios mais homogêneos (Trani *et al.*, 2015). Em climas quentes, as mudas são normalmente

plantadas no final do verão ou início do outono (Samec, Urlic & Salopek-Sondi, 2018). Nas regiões com clima frio, o cultivo é comumente realizado em outono-inverno, devido a cultura apresentar adaptação ao frio e geadas, sendo as temperaturas médias mensais ótimas para o cultivo entre 16 e 22 °C (Trani *et al.*, 2015). Ainda segundo o autor, na fase inicial do estabelecimento das mudas é imprescindível irrigar várias vezes ao dia, visando o enraizamento pleno destas até ocorrer o transplante. No plantio a campo, o espaçamento indicado para a cultura varia entre 80 a 100 cm na entrelinha e 50 a 70 cm entre plantas, sendo também recomendado a rotação com outras culturas para diminuir ou evitar a incidência de pragas (Trani *et al.*, 2015). Atualmente, estão registradas 51 cultivares de couve-verde no Registro Nacional de Cultivares (RNC), sendo a cultivar mais popular a Couve Manteiga da Georgia que apresenta fácil cultivo e tolerância as variações climáticas, com época de plantio em todo ano e ciclo médio de 80 dias (MAPA, 2021).

As crucíferas são alvo de insetos-praga, como a lagarta curuquerê-da-couve, *Ascia monuste orseis* Latreille (Lepidoptera: Pieridae) (Lara *et al.*, 2012), a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (Acaye, Ocan & Odongo, 2016) e de afideos (Holtz *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2017), que podem comprometer a produtividade e qualidade dos produtos (Cao *et al.*, 2016).

2.2 Afideos da couve-verde

2.2.1 Pulgão-da-couve *Brevicoryne brassicae*

Brevicoryne brassicae é originário do continente europeu (Kessing & Mau, 1991), está associado principalmente à família Brassicaceae, que agrupa espécies como couve-verde, couve-flor, repolho, nabo, brócolis e couve-de-Bruxelas, além de uma vasta gama de culturas agrícolas (Leite *et al.*, 2011; Sharma *et al.*, 2017). O pulgão-da-couve é um herbívoro com hábito alimentar fitossuccívoro, possui corpo de coloração verde acinzentada e produção de muita cera branca. Concentra-se em aglomerados localizados, normalmente na face abaxial da folha e hastes florais, alimentando-se do conteúdo do floema (Hughes, 1963; Ahmad & Akhtar, 2013).

O ciclo de desenvolvimento desta espécie é de 8-12 dias (ninfas a adulto), reproduzem-se assexuadamente com produção de 4-6 ninfas por dia (Aslam & Razaq, 2011; Pal & Singh, 2013; Razmjou, Jafari & Borzoui, 2019). A variação de temperatura é um fator abiótico que pode influenciar diretamente na biologia desta praga, sendo o

intervalo de temperatura entre 15 a 20 °C o que proporciona condições ótimas ao desenvolvimento da espécie (Soh *et al.*, 2018). Dessa forma, *B. brassicae* atinge altas densidades rapidamente, ocasionando perdas de qualidade e produtividade às culturas atacadas (Ahmad & Aslam, 2005). Inicialmente aparecem nas colônias fêmeas ápteras, contudo, devido ao elevado número de indivíduos, ao ataque de inimigos naturais ou algum efeito adverso da planta, os afídeos liberam feromônio de alarme que induz a formação de indivíduos alados, os quais constituirão novas colônias em outras plantas (Kunert *et al.*, 2005).

Os danos diretos de *B. brassicae* estão relacionados aos prejuízos no desenvolvimento da planta, como ocorrência de clorose e enrugamento foliar, além de introdução de toxinas no sistema vascular, o que afeta a produção e o valor comercial do produto (Ma *et al.*, 2010; Leite *et al.*, 2011). Em situações de alta infestação, as injúrias ocasionadas pela alimentação dos afídeos pode prejudicar o desenvolvimento de plântulas, podendo levar a morte (Ahmad & Akhtar, 2013). Um dos danos indiretos se relaciona à produção de uma substância açucarada e viscosa (*honeydew*), que favorece a proliferação de fungos sobre a superfície foliar, sintoma conhecido como fumagina, resultando na redução da área fotossintética da planta (Asi *et al.*, 2009). Outro dano indireto está associado a transmissão de viroses, já que *B. brassicae* pode ser vetor de mais de 30 vírus, como o do mosaico da couve-flor (*Cauliflower mosaic virus*) e o do anel do repolho (*Cabbage ring spot virus*) (Capinera, 2001).

2.2.2 Pulgão-verde-claro-do-pessegueiro *Myzus persicae*

Myzus persicae é uma praga generalista de importância econômica em centenas espécies de plantas, ocorrendo em mais de 40 famílias botânicas no mundo (Adachi-Hagimori *et al.*, 2010). A espécie figura entre as principais pragas da couve-verde (Cao *et al.*, 2016). Segundo Fericean *et al.* (2011) na Europa esse afídeo é heteróico, ou seja, vive em um hospedeiro primário no inverno, migra para outra planta hospedeira secundária (não relacionada taxonomicamente) no verão e retorna para o hospedeiro primário no outono. Segundo Kumar (2020) a oviparidade é exibida no hospedeiro primário, enquanto no hospedeiro secundário os indivíduos apresentam reprodução partenogenética. De acordo com o autor, as mudanças de hospedeiro e modo reprodutivo estão intimamente relacionadas com as condições climáticas e demonstram a enorme plasticidade no desenvolvimento dessa espécie. O pulgão-verde-claro possui

um ciclo polimórfico, sendo o intervalo de 5 a 25 °C aquele que fornece as melhores condições para seu desenvolvimento (Barlow *et al.*, 1962).

O dano direto de *M. persicae* está relacionado à sucção de assimilados da planta, causando o encarquilhamento das folhas (Ghorbanian *et al.*, 2019). Entre os danos indiretos, a transmissão de viroses é o principal problema fitossanitário, pois o afídeo atua como vetor de 100 vírus de plantas, acarretando a redução do valor comercial e da produção de inúmeras culturas (Dedryver, Ralec & Fabre, 2010). Capinera (2001) destacou *M. persicae* como vetor de doenças viróticas em brássicas, dentre elas o mosaico da couve-flor e vírus do-mosaico-do-nabo (*Turnip mosaic virus*). Além disso, a produção de *honeydew* também causa dano indiretos às culturas devido ao fornecimento de condições ideais ao crescimento de fungos (Lima Neto *et al.*, 2017).

2.2.3 Inimigos naturais de afídeos da couve-verde

As joaninhas *Harmonia axyridis* Pallas e *Cycloneda sanguinea* L. (Coccinellidae) e *Acanthinus* sp. (Anthicidae) são importantes agentes de controle de afídeos-pragas em brássicas (Bacci *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2015; Pavela, 2018). Além destas, *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) e dípteros da família Syrphidae também são referidos como predadores de pulgões nesta cultura (Mayadunnage *et al.*, 2010; Sarwar, 2013).

Os fungos entomopatogênicos são agentes essenciais aos ecossistemas, ajudando a regular as comunidades de artrópodes devido a sua eficiente epizootia (Ibrahim, 2017; Manoussopoulos *et al.*, 2019). Dentre as espécies que são reportadas para o controle de pulgões, estão os fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisoplae* (Metsch.) Sorokin, *Lecanicillium lecanii* (Zimm.), *Fusarium semitectum* (Berk. & Ravenel) e *Fusarium sacchari* (E.J. Butler) (Baiswar *et al.*, 2016).

2.2.3.1 *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae)

O parasitoide *D. rapae* é um importante endoparasitoide de afídeos, o qual é especialista em afídeos associados a crucíferas (Blande, Pickett & Poppy, 2004). No Brasil *D. rapae* já foi relatado por estar associado aos afídeos da couve-verde *B. brassicae*, *M. persicae* e *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Souza & Bueno, 1992; Souza *et al.*, 2017). Essas vespas braconídeos forrageiam, aparentemente, crucíferas isentas de pulgões e após uma vistoria mais detalhada dessas plantas, geralmente são reveladas múmias de pulgões solitárias, ou seja, vespas pupadas dentro dos corpos

esclerotinizados de seus hospedeiros mortos de pulgões, sugerindo que a busca precoce de vespas pode ser importante na prevenção do estabelecimento de colônias de pulgões (Bradburne & Mithen, 2000). Essa busca por hospedeiro pode ser diretamente influenciada pelos voláteis emitidos na interação planta-afídeo como os glucosinolatos presentes no metabolismo secundário de plantas da família Brassicaceae (Bradburne & Mithen, 2000; Bridges *et al.*, 2002). Siddique *et al.* (2019) observaram em seu estudo, que os compostos β -pineno + *E*- β -farneseno, presentes em semioquímicos de alarme de pulgões, quando aplicados em uma tira de papel filtro, foram os que apresentaram mais visitas de *D. rapae* e com maior tempo de permanência em olfatometro de múltipla escolha. Algumas informações olfativas estão presentes apenas em plantas danificadas por pulgões, por meio da liberação de isotiocianatos através da hidrólise de glucosinolatos (Blande, Pickett & Poppy, 2007). Ainda segundo os autores, parasitoides forrageiros se beneficiariam da capacidade de se orientar em direção aos voláteis emitidos por complexos, e quando estes estão presentes simultaneamente, outras pistas, como pistas visuais, também são utilizadas. Todavia, segundo Najar-Rodriguez *et al.* (2015), observaram que essa atração por *D. rapae* para isotiocianato podem não estar relacionados à presença do pulgão, mas sim a emissão deste volátil. Em sequência, o mecanismo de localização deste parasitoide não evoluiu para permitir que ele discrimine entre plantas infestadas por herbívoros e plantas induzidas sem herbívoro.

Embora a forma mais comum para controlar as populações de afídeos seja a aplicação de inseticidas químicos, fatores como o desenvolvimento de resistência e os efeitos danosos de seu uso no meio ambiente e em insetos benéficos, discorre que o uso de agentes de controle como *D. rapae*, é uma importante ferramenta para o controle biológico de pragas, todavia a busca por formas alternativas de controle de seus hospedeiros como os fitoinseticidas, colabora com sua manutenção a campo (Blande, Pickett & Poppy, 2008; Sawar, 2013; Shiberi & Negeri, 2016).

2.2.4 Controle químico de afídeos em couve-verde

Para o controle químico de *M. persicae* em crucíferas, encontram-se registrados, no Brasil, apenas dois inseticidas do grupo da Diamida Antranílica e de classe toxicológica três (medianamente tóxico). Em relação a *B. brassicae* estão liberados 28 produtos com grupos químicos diversos (metilcarbamatos, neonicotinoides, piridina azometina, piretroides, butenolidas) dos quais nove são extremamente tóxicos, não

havendo registro de inimigos naturais para controle destas espécies de afídeos (MAPA, 2021).

2.2.4.1 Fitoinseticidas

Dentre as diversas medidas que têm sido estudadas para uso alternativo aos produtos químicos sintéticos no controle de pulgões estão os inseticidas botânicos ou fitoinseticidas, compostos derivados de plantas aromáticas, os quais são substâncias que podem ser eficazes, com múltiplos mecanismos de ação e baixa toxicidade para organismos não-alvo (El-Wakeil, 2013; Campos *et al.*, 2019). Campos (2016) avaliou o efeito inseticida do extrato aquoso de folhas verdes de nim *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), nas concentrações de 8, 10 e 12%, sobre ninfas e adultos de *M. persicae* em couve, encontrando redução de 100% e 99,54% nas respectivas fases testadas após 24h. Rando *et al.* (2011) observaram que extratos de coentro *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae) e fumo *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) (10%) causaram a mortalidade de 100% de adultos e ninfas dos pulgões *B. brassicae* e *M. persicae* após 72 horas em couve, enquanto que os extratos de alfavaca-cravo, *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae), e cavalinha, *Equisetum hyemale* L. (Equisetaceae), apresentaram baixa ação inseticida, semelhante ao controle (água). Rezaei & Moharramipour (2019) observaram que o inseticida botânico Dayabon®, que é um produto a base de óleo de mamona e sais de ácidos graxos, foi letal para o pulgão-verde-claro *M. persicae* e seletivo para o parasitoide associado, *Aphidius matricariae* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae).

Além dos extratos vegetais, também existem os óleos essenciais (OEs), grupo oriundo do metabolismo secundário das plantas, promissores pela ação inseticida (Pavela & Benelli 2016). Os óleos são constituídos por misturas complexas de terpenos aromáticos, especialmente mono e sesquiterpenos (Pavela, 2008) e têm sido amplamente utilizados como bactericidas, fungicidas, acaricidas, inseticidas, bem como nas indústrias farmacêutica, sanitária, cosmética e alimentos (Bakkali *et al.*, 2008). Os OEs podem apresentar ação neurotóxica (Enan, 2001; Priestley, 2003), podendo atuar por contato e injeção, além de interferir nos sistemas respiratório e/ou digestivo dos insetos (Prates & Santos, 2002; Ali *et al.*, 2017). Lima *et al.* (2008) observaram a ação repelente e/ou deterrente dos óleos essenciais de anis-estrelado *Illicium verum* Hook. (Magnoliaceae) e capim-limão *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. (Poaceae) sobre *B. brassicae* nas concentrações de 0,5 e 0,1%, respectivamente, quando aplicados em discos

foliares de couve após 24 e 48h de exposição. Notoriamente conhecida por suas propriedades inseticidas, o óleo de *A. indica* demonstrou efeito na mortalidade de adultos de *M. persicae* (50%) e ninfas (80%) na concentração de 1% após 72h de aplicação em discos foliares de couve-manteiga (Carvalho *et al.*, 2008).

De acordo com Koul, Walia & Dhaliwal (2008), os óleos essenciais, de maneira geral, têm baixa persistência no campo, desta forma eles tem uma maior probabilidade de influenciar a quimiotaxia de inimigos naturais imediatamente após a aplicação, sendo seu efeito minimizado, em um curto espaço de tempo, devido ao alto percentual de volatilidade da maioria de seus compostos.

2.3 Óleo essencial de *Schinus terebinthifolius*

A pimenta-rosa ou aroeira-vermelha *S. terebinthifolius*, é uma espécie nativa da América do Sul, pertencente à família Anacardiaceae, apresenta folhagem densa, verde-escura e frutos vermelhos em cachos, do outono à primavera (Palazzo & Both, 1993, Lorenzi & Matos, 2002). O crescimento é extremamente rápido, sendo importante para a recuperação de áreas degradadas (Palazzo & Both, 1993). A espécie também é empregada como planta ornamental na arborização urbana (Santin, 1989).

As plantas dessa espécie possuem óleos essenciais amplamente distribuídos nas suas partes vegetais, tais como folhas, frutos e tronco, apresentando diferentes teores e composições (Matos, 2002). Resultados de análises fitoquímicas registraram a presença de alto teor de tanino, biflavonoides e ácidos triterpênicos nas cascas de *S. terebinthifolius*, os quais são responsáveis pelas defesas diretas da planta contra o ataque de herbívoros (Lorenzi & Matos, 2002; Matos, 2002). A composição química e os compostos majoritários do óleo essencial *S. terebinthifolius* são variáveis, dependendo da parte vegetal analisada, origem, época de coleta, processamento e método analítico (Ennigrou *et al.*, 2017). Pawlowski (2012) detectou a presença do α -pinene, trans- β -ocimene e β -felandrene como compostos majoritários nesta espécie. Entretanto, Nascimento *et al.* (2011) já haviam registrado uma maior quantidade dos compostos limoneno e α -felandreno no óleo de pimenta-rosa. Essas variações podem estar relacionadas, principalmente, às diferenças microambientais, ao caráter genético e a idade fisiológica entre as plantas (Santos *et al.*, 2007).

O óleo essencial de frutos de *S. terebinthifolius* (200 μ L/mL) resultou em uma mortalidade, por contato, de 100% de larvas de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) e *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae)

(Ennigrou *et al.*, 2017). Pavela (2014) constatou que alguns compostos presentes no óleo essencial de pimenta-rosa, tais como α -pinene, p-cymene, γ -terpinene, timol e carvacrol, aplicados topicamente (300 μ g/larva), induziram 100% de mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *S. littoralis* em 24h. O efeito inseticida do óleo essencial das folhas de *S. terebinthifolius* também foi observado na broca-do-café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) (Santos *et al.*, 2013) e em duas espécies de mosca-branca, *Bemisia tabaci* Gennadius e *Trialeurodes ricini* Misra (Hemiptera: Aleyrodidae) (Hussein, Salem & Soliman, 2017).

2.4 Óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*

No Brasil 9,85 milhões de hectares são plantados com florestas, destes 75,2% são de plantações de *Eucalyptus* sp. (IBGE, 2018). O plantio de eucalipto é realizado através de clones de plantas híbridas, sendo o melhoramento desta espécie uma estratégia importante para o controle genético das características comerciais (Assis, Abad & Aguiar, 1996). Além do plantio de híbridos, este gênero florestal é o mais estudado quanto à micropropagação, sendo essa uma importante ferramenta quando se tem interesse na produção de óleo (Dutra, Wendling & Brondani, 2009). *Eucalyptus citriodora* Hook é uma planta da família Myrtaceae, tem origem nos países da Oceania, mas atualmente está difundida em várias partes do mundo. Essa espécie pode ter até 20 m de altura com hastes glabras, finas e flexíveis (Ayind, 2016).

O óleo essencial de eucalipto está classificado como o primeiro comercializado do mundo, sendo o *E. citriodora* o principal do gênero em relação ao volume comercial (Coppen, 2002). O óleo das folhas frescas é conhecido por ser aromático, o qual é empregado em setores medicinais, de perfumaria e industriais (Ayind, 2016). Este óleo também possui efeito antimicrobiano, sendo reportado como inibidor do crescimento de bactérias gram-positivas e gram-negativas, como *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia* e *Candida albicans*, entre outras (Elaissi *et al.*, 2012; Mohammed *et al.*, 2012). A respeito da composição química, constituinte principal do óleo de *E. citriodora* é o citronelal (Gbenou *et al.*, 2012; Gusmão *et al.*, 2013; Costa *et al.*, 2015). Javed *et al.* (2012) observaram que o óleo essencial de eucalipto, bem como o extrato metanólico, inibiram o crescimento micelial de quatro linhagens do fungo do gênero *Aspergillus*.

Cruz *et al.* (2017) registraram que o óleo de *E. citriodora* e do seu composto majoritário, citronelal, tiveram efeito tóxico em aplicações tópicas sobre larvas de

terceiro ínstar de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae). A mortalidade de ninfas de *M. persicae* (85,5%) e *Frankliniella schultzei* Trybon (Thysanoptera: Thripidae) (34,8%), aspergidas com OE de *E. citriodora* (1%), também foi registrada por Costa *et al.* (2015). Além dos efeitos sobre microrganismos e insetos-praga, *E. citriodora* também apresenta ação fitotóxica em ervas daninhas, sendo esse efeito mais pronunciado em plantas dicotiledôneas do que em monocotiledôneas (Singh *et al.*, 2006).

2.5 Óleo essencial de *Cymbopogon winterianus*

Plantas do gênero *Cymbopogon* estão distribuídas nas regiões de clima tropical e subtropical como África, Ásia e América do Sul (Avoseh *et al.*, 2015), possuindo mais de 100 espécies em países tropicais, inclusive no Brasil, sendo muitas destas aromáticas (Lorenzi & Matos, 2002). Dentre as espécies mais estudadas está *Cymbopogon winterianus* Jovitt (Poaceae) conhecida como citronela, que apresenta cultivo perene de importância industrial (Shasany *et al.*, 2000). O óleo essencial de citronela apresenta três monoterpenoides como constituintes principais: citronelal, citronelol e geraniol (Wany *et al.*, 2013). Comercialmente, o óleo de *C. winterianus* possui valor econômico devido as indústrias farmacêuticas, de perfumaria e cosméticos, sendo também o principal constituinte das preparações repelentes e sanitárias de mosquitos (Shasany *et al.*, 2000).

As propriedades antimicrobianas de *C. winterianus* foram observadas por Oliveira *et al.* (2011), sobre a bactéria *C. albicans* nas concentrações de 625 µg/mL e 1250 µg/mL, o qual inibiu o crescimento de todas as cepas testadas. O monoterpeno citronelal quando aplicado de forma tópica em larvas de quarto ínstar de *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae), causou efeitos neurotóxicos, tais como tremores, diurese forçada e convulsões, terminando em paralisia e morte (Hummelbrunner & Isman, 2001). Brilinger *et al.* (2019) avaliaram os efeitos do OE de citronela sobre *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae), sendo observada mortalidade de 20%, 80% e 100% em frutos de goiaba vermelha, maçã e pêssego, respectivamente, na concentração de 10%, além disso, inibiu a oviposição deste díptero em frutos de maçã. O óleo essencial de citronela na concentração de 1% (m v⁻¹), cujos componentes majoritários eram o geraniol (28,62%), citronelal (23,62%) e o citronelol (17,10%), quando aplicado sobre *M. persicae*, resultou em 96,9% de mortalidade (Pinheiro *et al.*,

2013). O efeito inseticida do OE de *C. winterianus* também foi registrado em lagartas de terceiro ínstar de *S. frugiperda* após a alimentação com folhas de milho *Zea mays* L. (Poaceae) previamente imersas neste óleo (Silva *et al.*, 2017).

2.6 Referências

ACAYE, G.; OCAN, D.; ODONGO, J. C. W. Effects of conventional pesticide and cultural packages on damage and yield differences of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) by diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, New Delhi, v. 4, n. 3, p. 263-269, Apr. 2016.

ADACHI-HAGIMORI, T. *et al.* Control of *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) by adults and larvae of a flightless strain of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **BioControl**, Dordrecht, v. 56, n. 2, p. 207-213, Oct. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10526-010-9327-5>. Acesso em: 13 nov. 2019.

AHMAD, M.; ASLAM, M. Resistance of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) to endosulfan, organophosphates and synthetic pyrethroids. **Pakistan Journal of Zoology**, Lahore, v. 37, n. 4, p. 293-295, May 2005.

AHMAD, M.; AKHTAR, S. Development of insecticide resistance in field populations of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) in Pakistan. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 106, n. 2, p. 954-958, Apr. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1603/ec12233>. Acesso em: 13 nov. 2019.

ALI, A. *et al.* Sublethal effects of the essential oils of garlic (*Allium sativum*) and lemon (*Citrus limon*) on nutritional indices and midgut histological and ultrastructural changes in the egyptian cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*). **Egyptian Journal of Zoology**, Giza, v. 68, p. 339-361, Dec. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12816/0043201>. Acesso em: 13 nov. 2019.

ASI, M. R. *et al.* Effect of conidial concentration of entomopathogenic fungi on mortality of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. **Pakistan Journal of Life and Social Sciences**, Faisalabad, v. 2, p. 175–180, 2009.

ASLAM, M.; RAZAQ, M. Biology of cabbage aphid under laboratory conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, Lahore, v. 43, p. 1009-1012, Jan. 2011.

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, p. 32-51, 1996.

AVOSEH, O. *et al.* *Cymbopogon* species, ethnopharmacology, phytochemistry and the pharmacological importance. **Molecules**, Basel, v. 20, n. 5, p. 7438-7453, Apr. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules20057438>. Acesso em: 25 nov. 2019.

- AYINDE, B. A. *Eucalyptus (Eucalyptus citriodora* Hook., Myrtaceae) oils. In: PREEDY, Victor R. (ed.). **Essential oils in food preservation, flavor and safety**. Amsterdam: Academic Press, 2016. cap. 46, p. 413-419. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00046-8>. Acesso em: 25 nov. 2019.
- BACCI, L. *et al.* Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 44, n. 1, p. 103-113, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1303/aez.2009.103>. Acesso em: 18 jan. 2020.
- BAISWAR, P. *et al.* *Lecanicillium longisporum* on cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*): a new record from northeast India. **National Academy Science Letters**, New Delhi, v. 39, n. 5, p. 311-315, Apr. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s40009-016-0452-2>. Acesso em: 7 jan. 2020.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, Exeter, v. 46, n. 2, p. 446-475, Feb. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- BARLOW, C. A. The influence of temperature on the growth of experimental populations of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Aphididae). **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 40, n. 2, p. 145-156, Mar. 1962. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1139/z62-019>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- RODRIGUES, A. B. **Batata é a olerícola com maior área no RS**. Porto Alegre, RS: Emater/RS–Ascar, jan. 2021. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/multimidia/noticias/detalhe-noticia.php?id=31766#>. Acesso em: 28 jun. 2021.
- BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Attack rate and success of the parasitoid *Diaeretiella rapae* on specialist and generalist feeding aphids. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 9, p. 1781–1795, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/b:joec.0000042401.52088.54>. Acesso em: 2 jun. 2020.
- BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. A comparison of semiochemically mediated interactions involving specialist and generalist brassica-feeding aphids and the braconid parasitoid *Diaeretiella rapae*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 33, n. 4, p. 767-79, Apr. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9264-7>. Acesso em: 2 jun. 2020.
- BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. Host foraging for differentially adapted Brassica-feeding aphids by the braconid parasitoid *Diaeretiella rapae*. **Plant Signaling & Behavior**, Austin, v. 3, p. 580–582, 2008.
- BRADBURNE, R. P.; MITHEN, R. Glucosinolate genetics and the attraction of the aphid parasitoid *Diaeretiella rapae* to Brassica. **Biological Sciences**, London, v. 267, n. 1438, p. 89-95, Jan. 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2000.0971>. Acesso em: 30 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**: sistema de agrotóxicos fitossanitários. [Base de dados]. Brasília, DF, 2021. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 28 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **RNC**: Registro Nacional de Cultivares. Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php?txt_ordem=&txt_nome_comum=couve&postado=1&acao=pesquisar. Acesso em: 28 jun. 2021.

BRIDGES, M. *et al.* Spatial organization of the glucosinolate–myrosinase system in brassica specialist aphids is similar to that of the host plant. **Biological Sciences**, London, v. 269, n. 1487, p. 187-191, Jan. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2001.1861>. Acesso em: 30 nov. 2019.

BRILINGER, D. *et al.* Mortality assessment of botanical oils on *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) applied in fruits under laboratory conditions. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 11, n. 8, p. 287-294, June 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v11n8p287>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CAMPOS, J. O. **Ação do extrato de folhas do nim sobre o pulgão da couve**. 2016. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/36778>. Acesso em: 8 jan. 2020.

CAMPOS, E. V. R. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: future perspectives. **Ecological Indicators**, New York, v. 105, p. 483-495, Oct. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.038>. Acesso em: 8 jan. 2020.

CAO, H. *et al.* The green peach aphid *Myzus persicae* perform better on pre-infested Chinese cabbage *Brassica pekinensis* by enhancing host plant nutritional quality. **Scientific Reports**, London, v. 6, n. 1, p. 1-11, Feb. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/srep21954>. Acesso em: 13 jan. 2020.

CAPINERA, J. L. **Handbook of vegetable pests**. London: Academic Press, 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-158861-8.x5000-5>. Acesso em: 28 dez. 2019.

CARDOSO, M. O. *et al.* Consórcio couve-de-folha (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e cariru (*Talinum triangulare*) sob duas alternativas de fertilização em cultivo protegido. **Horticultura Argentina**, Mendoza, v. 91, n. 36, p. 96-109, nov. 2017.

CARVALHO, G. A. *et al.* Eficiência do óleo de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) no controle de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) e *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em couve-manteiga *Brassica oleracea* Linnaeus var. *acephala*. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 2, p. 181-186, jun. 2008.

COPPEN, J. J. W. (ed.). **Eucalyptus**: the genus Eucalyptus. London: CRC Press, 2002. 183 p.

COSTA, A. V. *et al.* Chemical composition of essential oil from *Eucalyptus citriodora* leaves and insecticidal activity against *Myzus persicae* and *Frankliniella schultzei*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, Philadelphia, v. 18, n. 2, p. 374-381, Mar. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2014.1001200>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CRUZ, G. S. *et al.* 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**, Philadelphia, v. 20, n. 5, p. 1360-1369, Sept. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2017.1383192>. Acesso em: 25 nov. 2019.

DEDRYVER, C. A.; RALEC, A. L.; FABRE, F. The conflicting relationships between aphids and men: a review of aphid damage and control strategies. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 333, n. 6/7, p. 539-553, June 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2010.03.009>. Acesso em: 16 nov. 2019.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A Micropropagação de Eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, n. 58, p. 49-59, fev. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4336/2009.pfb.58.49>. Acesso em: 19 nov. 2019.

EL-WAKEIL, N. E. Retracted article: Botanical pesticides and their mode of action. **Gesunde Pflanzen**, Frankfurt, v. 65, n. 4, p. 125-149, Nov. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10343-013-0308-3>. Acesso em: 25 dez. 2019.

ELAISSI, A. *et al.* Chemical composition of 8 *eucalyptus* species essential oils and the evaluation of their antibacterial, antifungal and antiviral activities. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, New York, v. 12, n. 1, p. 12-81, June 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6882-12-81>. Acesso em: 26 nov. 2019.

ENAN, E. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, Oxford, v. 130, n. 3, p. 325-337, Nov. 2001. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s1532-0456\(01\)00255-1](http://dx.doi.org/10.1016/s1532-0456(01)00255-1). Acesso em: 18 jan. 2020.

ENNIGROU, A. *et al.* Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 108, p. 407-415, Jan. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.005>. Acesso em: 30 nov. 2019.

FERICEAN, L. M. *et al.* The behaviour, life cycle and biometrical measurements of *Myzus persicae*. **Research Journal of Agricultural Science**, Timișoara, v. 43, n. 1, p. 34-39, June 2011.

GBENOU, J. D. *et al.* Phytochemical composition of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils and their anti-inflammatory and analgesic properties on Wistar rats. **Molecular Biology Reports**, Dordrecht, v. 40, n. 2, p. 1127-1134, Oct.

2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11033-012-2155-1>. Acesso em: 26 nov. 2019.

GHORBANIAN, M. *et al.* Different pepper cultivars affect performance of second (*Myzus persicae*) and third (*Diaeretiella rapae*) trophic levels. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Suwon, v. 22, n. 1, p. 194-202, Mar. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2018.12.021>. Acesso em: 27 dez. 2019.

GUSMÃO, N. M. *et al.* Contact and fumigant toxicity and repellency of *Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Foeniculum vulgare* Mill. essential oils in the management of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Bruchinae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 54, p. 41-47, July 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2013.02.002>. Acesso em: 25 nov. 2019.

HOLTZ, A. M. *et al.* **Pragas das brássicas**. Colatina-ES: Instituto Federal Espírito Santo, 2015. 230 p.

HUGHES, R. D. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). **Journal of Animal Ecology**, London, v. 32, n. 3, p. 393-424, Oct. 1963. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/2600>. Acesso em: 13 nov. 2019.

HUMMELBRUNNER, L. A.; ISMAN, M. B. Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 49, n. 2, p. 715-720, Feb. 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/jf000749t>. Acesso em: 9 jan. 2020.

HUSSEIN, H. S.; SALEM, M. Z. M.; SOLIMAN, A. M. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 216, p. 111-119, Feb. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.004>. Acesso em: 30 nov. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura - PEVS**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2018>. Acesso em: 19 jul. 2020.

IBRAHIM, H. Biodiversity of entomopathogenic fungi naturally infecting cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. L. **Journal of Plant Protection and Pathology**, Almançora, v. 8, n. 12, p. 631-634, Dec. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21608/jppp.2017.46947>. Acesso em: 7 jan. 2020.

JAVED, S. *et al.* Analysis of phytochemical constituents of *Eucalyptus citriodora* L. responsible for antifungal activity against post-harvest fungi. **Natural Product Research**, London, v. 26, n. 18, p. 1732-1736, Oct. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/14786419.2011.607451>. Acesso em: 26 nov. 2019.

KESSING, J. L. M.; MAU, R. F. L. **Cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus)**. Honolulu, Hawaii: Crop Knowledge Master, 1991.

KOUL, O.; WALIA, S.; DHALIWAL, G. S. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. **Biopesticides International**, Jalandhar, v. 4, n. 1, p. 63-84, Jan. 2008.

KUMAR, S. Aphid-plant interactions: implications for pest management. *In*: OLIVEIRA, M.; FERNANDES-SILVA, A.; CANDAN, F. (ed.). **Plant communities and their environment**. London: Intechopen, 2020. cap. 7. *E-book*. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/67540>. Acesso em: 18 jan. 2021.

KUNERT, G. *et al.* Alarm pheromone mediates production of winged dispersal morphs in aphids. **Ecology Letters**, Oxford, v. 8, n. 6, p. 596-603, Apr. 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00754.x>. Acesso em: 17 jan. 2020.

LÄNNENPÄÄ, M. Heterologous expression of AtMYB12 in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) leads to high flavonol accumulation. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 33, n. 8, p. 1377-1388, May 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00299-014-1623-6>. Acesso em: 7 jan. 2020.

LARA, R. I. R. *et al.* Lepidopterans and their parasitoids on okra plants in Ribeirão Preto (SP, Brazil). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 667-669, abr. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782012000400014>. Acesso em: 19 dez. 2019.

LEITE, G. L. *et al.* Hosting capacity of horticultural plants for insect pests in Brazil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 71, n. 3, p. 383-399, Sept. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392011000300006>. Acesso em: 13 nov. 2019.

LIMA NETO, J. E. *et al.* Suscetibilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) a clorantraniliprole e tiametoxam. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, MG, v. 9, n. 3, p. 18-23, nov. 2017.

LIMA, R. *et al.* Composição dos óleos essenciais de anis-estrelado *Illicium verum* L. e de capim-limão *Cymbopogon citratus* (DC.) stapf: avaliação do efeito repelente sobre *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera). **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, p. 1-6, nov. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/ba.v3.0.56>. Acesso em: 9 dez. 2019.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002.

MA, J. *et al.* Insecticidal activity of camptothecin against *Nilaparvata lugens*, *Brevicoryne brassicae*, and *Chilo suppressalis*. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 103, n. 2, p. 492-496, Apr. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1603/ec08284>. Acesso em: 17 jan. 2020.

MATOS, F. J. A. **Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades**. 4. ed. Fortaleza: UFC, 2002. 204 p.

MANOUSSOPOULOS, Y. *et al.* Effects of three strawberry entomopathogenic fungi on the prefeeding behavior of the aphid *Myzus persicae*. **Journal of Insect Behavior**,

- New York, v. 32, n. 2, p. 99-108, Mar. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10905-019-09709-w>. Acesso em: 7 jan. 2020.
- MAYADUNNAGE, S. *et al.* Occurrence of aphidophagous syrphids in aphid colonies on cabbage (*Brassica oleracea*) and their parasitoids. **Tropical Agricultural Research**, Peradeniya, v. 21, n. 1, p. 99-109, Dec. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4038/tar.v21i1.2591>. Acesso em: 18 jan. 2020.
- MELO, R. A. C. *et al.* Characterization of the brazilian vegetable brassicas production chain. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 366-372, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190401>. Acesso em: 13 jan. 2020.
- MELO, R. A. C. *et al.* **Caracterização e diagnóstico de cadeia produtiva de brássicas nas principais regiões produtoras brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017.
- MOHAMMED, G. *et al.* Comparative evaluation of ethno-medicinal use of two species of eucalyptus plant as an antimicrobial agent. **International Journal of Science and Technology**, Jetis Permai, v. 2, n. 8, p. 548-550, 2012.
- NAJAR-RODRIGUEZ, A. J. *et al.* Aphid-deprivation from Brassica plants results in increased isothiocyanate release and parasitoid attraction. **Chemoecology**, Stuttgart, v. 25, p. 303–311, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00049-015-0199-0>. Acesso em: 2 jun. 2020.
- NASCIMENTO, Aline Fonseca *et al.* Essential oil composition and acaricidal activity of *Schinus terebinthifolius* from atlantic forest of Pernambuco, Brazil against *Tetranychus Urticae*. **Natural Product Communications**, Westerville, v. 7, n. 1, p. 129-132, Jan. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/1934578x1200700141>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- NOVO, M. C. *et al.* Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 321-325, 2010.
- OLIVEIRA, M. *et al.* Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 8-16, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-05722011000100002>. Acesso em: 25 jan. 2019.
- PAL, M.; SINGH, R. Biology and ecology of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linn.) (Homoptera: Aphididae): a review. **Journal of Aphidology**, Modinagar, v. 27, p. 59-78, Jan. 2013.
- PALAZZO, J. T. J.; BOTH, M. C. **Flora ornamental brasileira: um guia para o paisagismo ecológico**. Porto Alegre: Sagra: DC Luzzato, 1993. 184 p.
- PAVELA, R. Insecticidal properties of several essential oils on the house fly (*Musca domestica* L.). **Phytotherapy Research**, New York, v. 22, n. 2, p. 274-278, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.2300>. Acesso em: 27 dez. 2019.

- PAVELA, R. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisd. (Lepidoptera, Noctuidae) larvae. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 60, p. 247-258, Sept. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.030>. Acesso em: 8 jan. 2020.
- PAVELA, R. Essential oils from *Foeniculum vulgare* Miller as a safe environmental insecticide against the aphid *Myzus persicae* Sulzer. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 25, n. 11, p. 10904-10910, Feb. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-018-1398-3>. Acesso em: 16 jan. 2020.
- PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 21, n. 12, p. 1000-1007, Dec. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005>. Acesso em: 22 jan. 2020.
- PAWLOWSKI, Â. *et al.* Essential oils of *Schinus terebinthifolius* and *S. molle* (Anacardiaceae): Mitodepressive and aneugenic inducers in onion and lettuce root meristems. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 80, p. 96-103, May 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2012.03.003>. Acesso em: 19 dez. 2019.
- PINHEIRO, P. F. *et al.* Insecticidal activity of citronella grass essential oil on *Frankliniella schultzei* and *Myzus persicae*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 2, p. 138-144, abr. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542013000200004>. Acesso em: 28 dez. 2019.
- PRATES, H. T.; SANTOS, J. P. Óleos essenciais no controle de pragas de grãos armazenados. In: LORINII, Miike L. H.; SCUSSEL, V. M. (ed.). **Armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. p. 443-461.
- PRIESTLEY, C. M. *et al.* Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABA receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. **British Journal of Pharmacology**, London, v. 140, n. 8, p. 1363-1372, Dec. 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.bjp.0705542>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- RANDO, J. *et al.* Extratos vegetais no controle dos afídeos *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Myzus persicae* (Sulzer). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 503-512, jul. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p503>. Acesso em: 9 jan. 2020.
- RAZMJOU, J.; JAFARY, M.; BORZOU, E. Host plant preference and life table of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Crop Protection**, Tehran v. 8, n. 2, p. 201-214, Apr. 2019.
- REZAEI, M.; MOHARRAMIPOUR, S. Efficacy of Dayabon®, a botanical pesticide, on different life stages of *Myzus persicae* and its biological control agent, *Aphidius matricariae*. **Journal of Crop Protection**, Tehran, v. 8, n. 1, p. 1-10, Jan. 2019.
- SAMEC, D.; URLIC, B.; SALOPEK-SONDI, B. Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) as a superfood: review of the scientific evidence behind the

statement. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 59, n. 15, p. 2411-2422, Apr. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2018.1454400>. Acesso em: 7 jan. 2020.

SANTIN, D. A. **Revisão taxonômica do gênero *Astronium* Jacq. e revalidação do gênero *Myracrodruon* Fr. Allem. (Anacardiaceae)**. 1989. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

SANTOS, M. R. A. *et al.* **Atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi sobre *Acanthoscelides obtectus* Say e *Zabrotes subfasciatus* Boheman**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 48).

SANTOS, M. R. A. *et al.* Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) sobre a broca-do-café *Hypothenemus hampei* Ferrari. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 15, n. 41, p. 757-762, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-05722013000500017>. Acesso em: 19 dez. 2019.

SARWAR, M. Studies on incidence of insect pests (Aphids) and their natural enemies in canola *Brassica napus* L. (Brassicaceae) crop ecosystem. **International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences**, Penang, v. 1, n. 5, p. 78-84, May 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12983/ijres-2013-p078-084>. Acesso em: 18 jan. 2020.

SHARMA, S. S. *et al.* Evaluation the potentiality of some parameters to probe the elevated levels of resistance in *Brassica sp* at the early period of aphid infestation in open field condition. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, New Delhi, v. 5, n. 6, p. 1356-1364, Oct. 2017.

SHASANY, A. K. *et al.* Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Amsterdam, v. 47, n. 5, p. 553-559, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1008712604390>. Acesso em: 28 nov. 2019.

SHIBERU, T. *et al.* Effects of synthetic insecticides and crude botanicals extracts on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) on cabbage. **Journal of Fertilizers & Pesticides**, Los Angeles, v. 7, n. 1, p. 157-162, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4172/2471-2728.1000162>. Acesso em: 18 jan. 2020.

SIDDIQUE, B. *et al.* Behavioral responses of *Coccinella septempunctata* and *Diaeretiella rapae* under the influence of semiochemicals and plant extract in four arm olfactometer. **Pakistan Journal of Zoology**, Lahore, v. 51, n. 4, p. 1403-1411, May 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.4.1403.1411>. Acesso em: 26 nov. 2020.

SILVA, C. T. S. *et al.* Effects of citronella oil *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) midgut and fat body. **Biotechnic &**

Histochemistry, London, v. 93, n. 1, p. 36-48, Dec. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10520295.2017.1379612>. Acesso em: 18 jan. 2020.

SINGH, H. P. *et al.* Phytotoxicity of the volatile monoterpene citronellal against some weeds. **Zeitschrift Für Naturforschung. C, A Journal of Biosciences**, Tübingen, v. 61, n. 5/6, p. 334-340, June 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1515/znc-2006-5-606>. Acesso em: 19 dez. 2019.

SOH, B. S. B. *et al.* Effect of temperature on the biological parameters of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. **Ecology and Evolution**, Oxford, v. 8, n. 23, p. 11819-11832, Nov. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.4639>. Acesso em: 8 nov. 2019.

SOUZA, B. M.; BUENO, V. H. P. Parasitóides e hiperparasitóides de múmias de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Homoptera-Hemiptera: Aphididae). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 67, p. 55-62, 1992.

SOUZA, C. R. *et al.* Lethal and sublethal effects of neem on *Aphis gossypii* and *Cycloneda sanguinea* in watermelon. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 233-239, May 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v37i2.19517>. Acesso em: 18 jan. 2020.

TRANI, P. E. *et al.* **Couve de folha**: do plantio à pós-colheita. Campinas: Instituto Agrônômico, 2015. 36 p.

WANY, A. *et al.* Extraction and characterization of essential oil components based on geraniol and citronellol from Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 73, n. 2, p. 133-145, Dec. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10725-013-9875-7>. Acesso em: 19 dez. 2019.

3 ARTIGO 1

Bioatividade de *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) e do parasitoide *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) associada à presença de óleos essenciais em couve-verde *Brassica oleracea* var. *acephala* (Brassicaceae)*

* Artigo formatado conforme as normas da Revista Environmental Science and Pollution Research

Bioatividade de *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) e do parasitoide *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) associada à presença de óleos essenciais em couve-verde *Brassica oleracea* var. *acephala* (Brassicaceae)

Suellen Godoy da Silva¹, Josué Sant'Ana² & Simone Mundstock Jahnke³

¹Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000 Porto Alegre, RS, Brasil. (suellengodoys@gmail.com)

²Laboratório de Etologia e Ecologia Química de Insetos, Dep. Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

³Laboratório de Controle Biológico de Insetos, Dep. Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

RESUMO

Os óleos essenciais (OEs) são uma alternativa ao uso de agrotóxicos sintéticos para o controle de afídeos que atacam brássicas. Todavia, os efeitos de espécies como a pimenta-rosa (OEPR) *Schinus terebinthifolius* Raddi, eucalipto-cidró (OEEC) *Eucalyptus citriodora* Hook e citronela (OEC) *Cymbopogon winterianus* Jowitt nestes organismos, bem como sobre insetos benéficos, ainda é pouco estudado. Os objetivos do trabalho foram avaliar a ação do OEPR, OEEC e OEC nos afídeos da couve-verde *Brevicoryne brassicae* L. e *Myzus persicae* Sulz. (Hemiptera: Aphididae), e no parasitoide *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae), em laboratório. Para estudar a atividade inseticida e de repelência aos pulgões, foram utilizados discos foliares de couve-verde tratados com solução aquosa com cada um dos OEs/ Tween 80® (0,5 e 1%) ou água/ Tween 80® (controle). A quimiotaxia do parasitoide *D. rapae* foi observada em olfatómetro de dupla escolha, contrastando mudas de couve-verde sem infestação, tratadas com os OEs (0,5%) versus as aspergidas com o controle. O número de afídeos observados em discos foliares tratados com os óleos, em ambas as concentrações, foi menor do que os contabilizados no controle. As maiores taxas de mortalidade, para ambas as espécies, foram observadas em pulgões que ficaram em contato com o óleo de citronela. Fêmeas de *D. rapae* foram atraídas para plantas de couve-verde aspergidas com OEPR, não responderam ao odor de OEEC e preferiram plantas sem a presença do OEC.

Palavras-chave: Óleos essenciais, *Diaeretiella rapae*, *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae*, *Schinus terebinthifolius*, *Eucalyptus citriodora*, *Cymbopogon winterianus*.

3.1 Introdução

A couve-verde, *Brassica oleracea* L. var. *acephala* (Brassicaceae) é uma espécie comercial frequentemente atacada por afídeos, os quais ocasionam danos severos e perdas na produtividade (Munthali e Tshogfatso, 2014). *Brevicoryne brassicae* L. e *Myzus persicae* Sulz. (Hemiptera: Aphididae) são conhecidos como pragas de brássicas, podendo causar manchas cloróticas, pontuações e encarquilhamento das folhas, o que acarreta em diminuição da área fotossintética, além de injetarem substâncias tóxicas e/ou serem transmissores de viroses (Bass *et al.*, 2014; Holtz *et al.*, 2015; Karami *et al.*, 2018). No Brasil, os produtos registrados para controle químico dos pulgões variam de medianamente a extremamente tóxicos para mamíferos (maioria) e possuem baixa seletividade (MAPA, 2021). A ocorrência natural *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae) já foi constatada nas espécies

de *B. brassicae* e *M. persicae* em couve (Souza *et al.*, 2017). Contudo, o uso extensivo de inseticidas sintéticos sem rotação de ingredientes ativos para controle de pulgões da couve-verde pode, além de impactar de forma negativa a população de inimigos naturais, contribuir para a manifestação de resistência, ocasionando prejuízos econômicos, sociais e ambientais (Ikbal e Pavela, 2019).

A crescente demanda da sociedade por produtos livres de agrotóxicos sintéticos, bem como o crescimento do setor de alimentos orgânicos, tem atraído a atenção às alternativas sustentáveis de controle de pragas (Koul *et al.*, 2008; Pavela, 2016, Isman, 2020). Dentre estas, está o uso de inseticidas botânicos, como os óleos essenciais (OEs), considerados promissores no controle de pragas (Pavela e Benelli, 2016; Benelli *et al.*, 2018). Tais produtos são constituídos de uma mistura complexa de compostos químicos, principalmente de mono e sesquiterpenos oriundos do metabolismo secundário das plantas (Bakkali *et al.*, 2008; Pavela, 2008). Devido ao fato de serem naturais, biodegradáveis e de baixo impacto sobre mamíferos, os fitoinseticidas são recomendados para utilização na produção orgânica, podendo servir como uma importante ferramenta ao manejo integrado de pragas (Regnault-Roger, 1997; Ziaee e Hamzavi, 2013; Marrone, 2019), inclusive em espécies de pulgão, como *B. brassicae* (Motazedian *et al.*, 2014) e *M. persicae* (Toledo *et al.*, 2019).

Dentre as espécies de plantas que produzem OEs e que tem ação inseticida e/ou repelente estão a pimenta-rosa *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), o eucalipto *Eucalyptus citriodora* Hook (Myrtaceae) e a citronela *Cymbopogon winterianus* Jovitt (Poaceae) (Gorski e Tomczak, 2010; Hussein *et al.*, 2017). O efeito inseticida da pimenta-rosa foi relatado para a broca-do-café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) (Santos *et al.*, 2013), *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae), *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) (Ennigrou *et al.*, 2017) e duas espécies de mosca-branca *Bemisia tabaci* Gennadius e *Trialeurodes ricini* Misra (Hemiptera: Aleyrodidae) (Hussein *et al.*, 2017). Este óleo também desencadeou comportamento de repelência no pulgão-do-algodoeiro, *Aphis gossipy* Glover (Hemiptera: Aphididae) (Andrade *et al.*, 2013). A ação de OEs de folhas frescas de *E. citriodora* e/ou do seu composto majoritário citronelal já foi comprovada em ninfas de *M. persicae* e *Frankliniella schultzei* Trybon (Thysanoptera: Thripidae) (Costa *et al.*, 2015) e em larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) (Cruz *et al.*, 2017). A espécie *C. winterianus* conhecida como citronela, possui atividade repelente para *Aedes aegypti* Hitek (Shasany *et al.*, 2000; Wany *et al.*, 2013). Brilinger *et al.* (2019) observaram que o OE de *C. winterianus* teve efeito deterrente e de mortalidade para *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae) em frutos de pêssego, maçã e goiaba vermelha. Este óleo também causou a morte de *M. persicae* (Pinheiro *et al.*, 2013) e de lagartas de *S. frugiperda* (Silva *et al.*, 2017).

Pouco se sabe sobre o impacto de OEs em inimigos naturais dos afídeos da couve-verde. Pavela (2018) constatou que o óleo de *Foeniculum vulgare* Miller (Apiaceae) foi seletivo para adultos e larvas de *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). Em *D. rapae* foi observado apenas o impacto do extrato etanólico de *Acmella oleracea* Murr. (Asteraceae), o qual não foi tóxico para este inseto (Gouvêa *et al.*, 2019).

Schinus terebinthifolius, *E. citriodora* e *C. winterianus* são plantas de fácil obtenção, que produzem óleos essenciais com ação inseticida validada para diversas pragas e pouco estudada em pulgões e inimigos naturais associados a cultura da couve. Em consonância com o exposto, o objetivo

deste trabalho foi avaliar, em couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*), os efeitos, em duas concentrações, dos óleos essenciais de pimenta-rosa, eucalipto-cidrô e citronela em *B. brassicae* e *M. persicae*, bem como no parasitoide associado a estes, *D. rapae*.

3.2 Material e métodos

Óleos essenciais

Foram utilizados frutos maduros de pimenta-rosa (*S. terebinthifolius*), coletados de uma árvore em ambiente urbano com incidência de sol, no bairro Agronomia, em Porto Alegre, RS (30°02'48"S e 51°08'17"O). Folhas frescas de citronela (*C. winterianus*) e eucalipto-cidrô (*E. citriodora*), foram coletadas durante a manhã, de plantas não sombreadas completamente, providas de cultivo doméstico, desprovidas de adubação e/ou tratamentos culturais, no município de Ivoti, RS (29°36' 00"S e 51°09'13.68"O). Os frutos de pimenta-rosa de coloração avermelhada foram destacados das panículas e secos em temperatura ambiente por 72 horas, sendo a extração realizada imediatamente após este período. As folhas de citronela e eucalipto-cidrô foram acondicionadas em sacos plásticos após a coleta e mantidas sob refrigeração (4 °C) até o momento da extração, aproximadamente uma semana. Foram utilizadas apenas folhas sadias e integras.

O método de extração utilizado foi a hidrodestilação (AOAC, 1992). Os óleos essenciais foram extraídos por “arraste a vapor”, utilizando o aparelho Clevenger da marca Êxodo Tecnologia® modelo 3000, acoplado a um balão volumétrico de fundo redondo de 3 L. Para aumentar a área superficial dos materiais vegetais, os frutos de pimenta-rosa (600 g) e as folhas frescas de eucalipto-cidrô (180g) foram previamente triturados com auxílio de liquidificador, sendo as folhas frescas de citronela (180g) picadas com auxílio de tesoura. Cada um dos materiais foi colocado isoladamente dentro do balão onde foi adicionado 1,5 L de água destilada. Após três horas de hidrodestilação (Oliveira Junior *et al.*, 2013) o óleo essencial de cada espécie foi separado da fase líquida (hidrolato), com auxílio de pipeta de vidro graduada de 10 mL e bomba de sucção. Os OEs foram armazenados em recipientes de vidro envoltos com papel alumínio à temperatura de 4 °C, para posterior utilização.

Análises químicas

As análises das composições químicas dos óleos essenciais foram realizadas pela pesquisadora Márcia Ortiz M. Marques no Instituto Agrônomo de Campinas/(IAC) em São Paulo, Brasil (Anexos 1 a 4).

Cultivo da couve-verde

As mudas *B. oleraceae* var. *acephala* foram transplantadas em vasos de 1,5 L, contendo terra preta e substrato comercial Carolina Soil®, na proporção de 2:1, sendo a irrigação fornecida de acordo com a necessidade da planta. Também foram plantadas mudas de couve-verde a campo, em um canteiro (3 x 1,5 m), na horta experimental da Faculdade de Agronomia (30° 4'28.04"S e 51° 8'6.87"O), com espaçamento de 0,80 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Realizou-se o manejo cultural através da retirada das plantas espontâneas durante o estabelecimento da cultura, além de regas de acordo com a necessidade da cultura. Não foram realizados tratamentos fitossanitários e adubação nas plantas cultivadas em estufa e a campo.

Criação dos afídeos

Os afídeos (*B. brassicae* e *M. persicae*) foram obtidos de colônias ocorrentes em brássicas em hortas domésticas, localizadas em Porto Alegre, RS (30° 2'48.73"S e 51° 8'17.39"O) e, posteriormente, criados em mudas de couve-verde e em discos foliares desta mesma espécie. A transferência dos afídeos para os substratos foi feita com auxílio de pincel de cerdas finas (n° 00). Conforme as fêmeas geravam as ninfas, elas eram transferidas para novos substratos, e as placas com ninfas permaneciam por aproximadamente sete dias para obtenção dos adultos (1,5 - 2 mm). As plantas e discos infestados foram mantidos em ambiente controlado (25 ± 1 °C, 65 ± 10% UR, fotoperíodo 14h). Os discos foliares foram obtidos de plantas cultivadas a campo, conforme descrito anteriormente, 50 dias após o plantio. Os discos de couve (9 cm Ø) foram acondicionados em placa de Petri forrada com papel filtro com gramatura de 80 g (9 cm Ø), umedecidos diariamente com água destilada e sobre estes foram colocados cerca de 15 afídeos adultos, conforme metodologia proposta por Costa *et al.* (2013). Os discos foram substituídos quando apresentavam sinais de amarelecimento, em torno de 3 dias.

Criação do parasitoide

Os parasitoides foram obtidos através da coleta de múmias de *B. brassicae* e *M. persicae* em plantas de couve-verde da horta da Faculdade de Agronomia (30° 2'48.73"S e 51° 8'17.39"O). As múmias foram individualizadas em tubos de vidro (2 cm Ø x 6 cm) e mantidas em ambiente climatizado (25 ± 1 °C, 65 ± 10% UR, fotoperíodo 14h) até a emergência. Os parasitoides emergidos foram alimentados com uma gota de mel e identificados como *D. rapae* através da chave dicotômica de Rakhshani *et al.* (2015). Para a criação em laboratório, machos e fêmeas de *D. rapae* foram liberados em gaiolas de PVC (3L) com aberturas lateral e superior com tecido *voile*, contendo uma muda de couve-verde (7 – 8 folhas completamente expandidas) infestada com afídeos de *B. brassicae*, criados em laboratório. Na parte superior da gaiola, foram dispostas gotas de mel para alimentação dos parasitoides. Nos bioensaios foram utilizadas fêmeas virgens, com até um dia de idade.

Bioensaios

Os testes de quimiotaxia com chance de escolha e mortalidade foram realizados em BOD com temperatura 25 ± 1 °C, umidade relativa do ar 65 ± 10% e fotoperíodo de 14 horas. O bioensaio de quimiotaxia em olfatômetro foi conduzido em sala climatizada (25 ± 1 °C, 65 ± 10% UR) durante a fotofase, com uma fonte de luz incidente (60W, luminância aproximada de 300 lux).

Quimiotaxia de afídeos a discos foliares com OEs

Discos de couve-verde de 3,5 cm de diâmetro foram imersos por 30 segundos em soluções aquosas com OEs (pimenta-rosa, eucalipto-cidrô ou citronela) nas concentrações de 0,5% e 1%, como sugerido por Lima *et al.* (2008) e Lucca *et al.* (2015), ou somente com água (controle), os quais foram dispostos sobre papel filtro para secagem em temperatura ambiente por, aproximadamente, 10 minutos (tempo de escurimento e secagem). Em todos os tratamentos foi adicionado o emulcificante Tween 80® (10 µL/mL). Cada dupla de discos (sempre contendo um dos tratamentos com óleo vs. controle) foram acondicionados em placas de Petri (9 cm Ø) contendo 6 mL de ágar (100 mL de água destilada + 2,5 g de

ágar). Cada placa continha uma abertura retangular na tampa (2 x 3,5 cm), coberta com tecido voile. Os discos foram separados de forma equidistante por um pedaço de papel (2 x 1,3 mm) entre eles, onde foram liberadas 10 fêmeas ápteras de *B. brassicae* ou *M. persicae* por placa. As respostas quimiotáxicas dos afídeos foram avaliadas após uma, três, seis e 24 horas, quantificando-se o número de insetos adultos em cada disco foliar. Foram feitas 10 repetições para cada teste (tipo de óleo vs. água), totalizando 100 fêmeas por contraste.

Efeito inseticida dos OEs sobre afídeos

Discos foliares (9 cm Ø) de couve-verde tratados conforme protocolo experimental descrito no bioensaio anterior, foram dispostos em placas de Petri (9 cm Ø) sobre um papel filtro de mesma dimensão, umedecido com água destilada. Cada disco foi infestado com 10 fêmeas ápteras de *B. brassicae* ou *M. persicae* (25 ± 1 °C, $65 \pm 10\%$ UR). Foram realizadas dez repetições/tratamento. O número de pulgões mortos por placa foi quantificado 24 e 48 horas após a exposição aos OEs. Foram considerados mortos os afídeos que não responderam ao toque com pincel de cerdas finas (nº 00).

Quimiotaxia de *D. rapae* a plantas com OEs

O bioensaio com *D. rapae* foi conduzido com fêmeas virgens com idade de até 24 horas, em olfatômetro “Y” de vidro de dupla escolha, com diâmetro de 2 cm, arena inicial de 20 cm, bifurcada em dois braços de 8 cm cada. Os insetos testados foram individualizados antes do início dos experimentos e aclimatados por 1 hora na sala de testes. O fluxo de ar foi conduzido para dentro do sistema com o auxílio de um propulsor conectado a um fluxímetro, a uma taxa de 0,1 L/min. Ao final de cada braço do olfatômetro, foi acoplada uma câmara de vidro (29,5 x 12,5 cm Ø) / braço, onde foi alocada uma planta de couve-verde de 7-8 folhas completamente expandidas (40 dias). Os tratamentos consistiam em plantas saudáveis (sem infestação) de couve aspergidas com uma das soluções aquosas contendo os óleos essenciais de pimenta-rosa, eucalipto-cidró ou citronela, todas a 0,5%, contrastadas com plantas aspergidas com água (controle). Em todos os tratamentos foi adicionado o emulsificante Tween 80® (10 µL/mL). Desta forma foi avaliada a escolha do parasitoide entre às plantas aspergidas com cada um dos óleos essenciais versus controle.

Foi considerado como resposta positiva (primeira escolha), o inseto que permaneceu por pelo menos 30 segundos na extremidade de um dos braços. Os insetos que não se movimentaram ou que não alcançaram um dos dois braços do olfatômetro em 5 min foram conceituados como não responsivos e desconsiderados na análise estatística. A arena foi invertida (rotação de 180°), a cada cinco repetições e, a cada dez, esta foi lavada com sabão neutro e álcool 70% e, posteriormente, seca em estufa de esterilização a 150 °C. Foram realizadas 40 repetições para cada contraste.

Análise estatística

Os percentuais de escolha de olfatometria foram comparados através do teste de Qui-quadrado (teste de independência) e discos foliares, teste G (teste de aderência), ao nível de 5% de significância com o auxílio do software Bioestat 5.3®. Os dados de mortalidade foram analisados quanto à normalidade por Shapiro-Wilk e comparados por Tukey e Kruskal-Wallis, de acordo os dados de

homocedasticidade, ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa R Studio® (versão 3.4.4). Também foi calculada a mortalidade (%) corrigida pela fórmula de Abbott (1925).

3.3 Resultados e discussão

Quimiotaxia de afídeos a discos foliares com OEs

O número médio de *B. brassicae* (Figuras 1 a 3) e de *M. persicae* (Figuras 4 a 6) observados em discos foliares de couve-verde tratados com os três óleos em ambas as concentrações e nos quatro períodos de amostragem, foi sempre menor do que os contabilizados sobre discos foliares tratados com água ($P < 0,0001$). De forma semelhante, discos foliares de tomate tratados com OE das flores de *Callistemon viminalis* G. (Myrtaceae), na concentração de 0,5%, foram menos preferidos por adultos de *M. persicae* (Sales *et al.*, 2017). Estes resultados vão ao encontro do já reportado por Andrade *et al.* (2013) os quais constataram que os óleos essenciais de *S. terebinthifolius* e *C. winterianus*, na concentração de 0,05%, repeliram *A. gossypii* quando aplicados em discos foliares de algodão. O óleo de *E. citriodora* também reduziu o número de adultos de *B. tabaci* que pousaram em tomateiros tratados com esse produto na concentração de 0,5%, após 24 horas de exposição (Yang *et al.*, 2010). Os resultados apresentados neste trabalho corroboram os observados para *B. brassicae* e *M. persicae* submetidos a outros óleos essenciais, como os de Lima *et al.* (2009) que verificaram redução no número de *B. brassicae* em discos foliares de couve-verde tratados com óleo de *Illicium verum* L. (Illiciaceae) na concentração de 0,5% após 48h.

Os óleos essenciais atuam no comportamento dos insetos, desencadeando quimiotaxia positiva ou negativa, em função da presença de determinadas substâncias (Isman, 2006). Nesse sentido, as composições químicas dos OEs testados neste estudo tinham como constituintes majoritários o mirceno, o β -felandreno e o α -pineno (*S. terebinthifolius*); o citronelal e o citronelol (*E. citriodora*); e o citronelal e o geraniol (*C. winterianus*) (Anexos 2-4). A ação repelente do citronelal e do citronelol já tinha sido constatada em mosquitos (Shasany *et al.*, 2000; Wany *et al.*, 2013). Sales *et al.* (2017) também referem que o α -pineno e os compostos minoritários (β -pineno, terpinen-4-ol, *p*-cimeno, γ -terpineno, mirceno e linalol), presentes no OE de *Callistemon viminalis* G. (Myrtaceae), foram os prováveis responsáveis pela repelência de *M. persicae* a discos foliares de tomateiro tratados com este óleo. O α -pineno e o mirceno foram identificados na composição do óleo de *S. terebinthifolius* do presente estudo (Anexo 2) e também podem estar associados à não preferência de pulgões a discos tratados com estes óleos. Já a ação repelente do β -cariofileno, composto semelhante ao *E*-cariofileno, encontrado no óleo de *S. terebinthifolius* e *E. citriodora* (Anexo 2 e 3), tinha sido observada em dípteros transmissores de doenças virais (Nararak *et al.*, 2019).

Efeito inseticida dos OEs em afídeos

Os três óleos essenciais, na concentração de 1%, resultaram em taxas de mortalidade de *B. brassicae* e *M. persicae* significativamente maiores do que o tratamento controle (Tabela 1). Na concentração de 0,5%, os OEs de *S. terebinthifolius* e *E. citriodora* não diferiram estatisticamente da água, após 48h de exposição para *B. brassicae* e após 24h, para *M. persicae* (Tabela 1). Observa-se uma variação na mortalidade calculada por Abbott (1925) para as espécies em resposta a cada óleo, entretanto,

OE de *C. winterianus* foi o responsável pelos maiores índices de mortalidade para ambas as espécies (Tabela 1). Segundo Graham-Bryce (1983) diferentes espécies podem apresentar susceptibilidades diversa aos óleos essenciais, sendo essas características atribuídas a diferenças fisiológicas ou bioquímicas, tais como: permeabilidade da cutícula, atividade enzimática desintoxicante e sensibilidade relativa à lesão tóxica no local alvo.

Nosso estudo corrobora os resultados de Costa *et al.* (2015) os quais observaram alta mortalidade em ninfas de *M. persicae* em discos foliares de couve-verde quando aplicado sobre estes o óleo essencial de *E. citriodora* na concentração de 1%. Segundo os autores a toxicidade apresentada por *E. citriodora* contra *M. persicae* está relacionada aos compostos majoritários encontrados nesse estudo, como o citronelal, geraniol e β -citraonol. Esses mesmos componentes foram relatados por Pinheiro *et al.* (2013) para o óleo essencial de *C. winterianus*, causando mortalidade sobre ninfas de *M. persicae*. Segundo Filomeno *et al.* (2017) a mistura de citronelal e isopulegol foi altamente tóxica para larvas de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), sendo a atividade inseticida do citronelal potencializada pelo isopulegol. Com base nestes resultados é possível supor que substâncias como o citronelal e citraonol encontrados no OE de *E. citriodora* e, além destas, o geraniol encontrado no OE de *C. winterianus*, podem ter desencadeado a morte dos pulgões da couve (Anexo 3 e 4). Tak *et al.* (2015) observaram que o composto α -pineno, presente também no óleo de *S. terebinthifolius* (Anexo 2) e *E. citriodora* (Anexo 3) foi tóxico, tanto de forma tópica, quanto através de fumigação, em larvas de *Trichoplusia ni* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). O limoneno, observado na composição química de *C. winterianus* (Anexo 4) é um composto abundante em espécies de *Citrus* spp. e também apresentou atividade inseticida já relatada em diversos insetos, como *B. tabaci* (Zarrad *et al.*, 2015) e *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) (Campolo *et al.*, 2017), assim como em insetos-praga de grãos armazenados (Tripathi *et al.*, 2003).

A mortalidade de pulgões constatada neste estudo pode ser atribuída a ação neurotóxica de compostos presentes nos óleos essenciais testados. Os monoterpenos como citraonol e geraniol, observados nas composições de *E. citriodora* e/ou *C. winterianus*, foram neurotóxicos para *M. persicae* (Costa *et al.*, 2015). Outro monoterpeno com ação inseticida é o 1,8-cineol (presente no óleo de *E. citriodora* - Anexo 3), o qual foi o responsável pela inibição da enzima acetilcolinesterase em *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) (Abdelgaleil *et al.*, 2009). O linalol, registrado nos óleos de *E. citriodora* e *C. winterianus* (Anexos 3 e 4), também atuou na inibição da acetilcolinesterase, provocando a morte de insetos (Mills *et al.*, 2004; López e Pascual-Villalobos., 2010; Pavela e Benelli, 2016; Verdi *et al.*, 2019).

Quimiotaxia de *D. rapae* a plantas com OEs

Fêmeas de *D. rapae* foram significativamente mais atraídas para plantas de couve aspergidas com óleo essencial de *S. terebinthifolius* ($\chi^2 = 5$; gl = 1; P= 0,0253) do que às com água (controle) (Fig. 7). De forma semelhante, o extrato aquoso de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae), espécie do mesmo gênero da planta utilizada em nosso trabalho, quando aspergido em plantas de repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* (Brassicaceae) aumentou o número de *B. brassicae* parasitados por *D. rapae* presentes nesta planta (Michael e Raja, 2012). Desta forma é possível supor que os óleos de ambas as espécies tenham

compostos em comum que desencadeiem um comportamento de busca do parasitoide. Contudo informações mais consistentes sobre os possíveis compostos envolvidos nesta interação não constam na literatura. Sabe-se que alguns terpenos sintetizados pelas plantas atraem inimigos naturais de herbívoros (Dicke *et al.*, 1990). Brássicas apresentam glucosinolatos acumulados, ou seja, um grupo de metabólitos secundários derivados de aminoácidos que desempenham um papel central na defesa de plantas contra herbívoros e patógenos (Kissen *et al.*, 2009). Segundo os autores, *D. rapae* é capaz de utilizar produtos da hidrólise de glucosinolatos como pistas olfativas no comportamento de forrageamento do hospedeiro.

Os OEs também podem induzir a defesa de plantas, de acordo com Pereira *et al.* (2008) o óleo essencial de tomilho *T. vulgaris* induziu a resistência de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), através da produção de fitoalexinas e no aumento da síntese de compostos estruturais e de defesa bioquímica. Desta forma é possível que o óleo de *S. terebinthifolius* possa ter ativado os mecanismos de defesa indireta de couve, atraindo parasitoides de afídeos.

Ao contrário do constatado para *S. terebinthifolius*, *D. rapae* preferiu plantas tratadas com água em detrimento as aspergidas com óleo essencial de *C. winterianus* ($\chi^2 = 7,20$; gl = 1; P = 0,0073) (Fig. 7). Abramson *et al.* (2006), também observaram que adultos de *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) não foram atraídos para flores de erva-doce *F. vulgare* tratadas com 5% do óleo de *C. winterianus*. Neste caso, o citronelal e/ou citronelol presentes neste óleo (Anexo 4) podem ser os responsáveis por este efeito repelente, como já registrado para dípteros (Shasany *et al.*, 2000; Wany *et al.*, 2013, Nararak *et al.*, 2019). Neste estudo não foram observadas diferenças estatísticas entre plantas aspergidas com óleo essencial de *E. citriodora* e água, em relação a resposta de *D. rapae* ($\chi^2 = 3,20$; gl = 1; P = 0,1175). Contudo, Yi *et al.*, 2007 ao trabalharem com o óleo essencial de uma planta do mesmo gênero (*E. globulos*) observaram que o mesmo foi tóxico quando fumigado sobre adultos de *Cotesia glomerata* L. (Hymenoptera: Braconidae).

Um aspecto relevante a se considerar em relação ao efeito dos OEs em inimigos naturais é que, de maneira geral, estes têm baixa persistência no campo, desta forma teriam uma maior probabilidade de influenciar a quimiotaxia de inimigos naturais imediatamente após a aplicação, sendo seu efeito minimizado, em um curto espaço de tempo, devido ao alto percentual de volatilidade da maioria de seus compostos (Koul *et al.*, 2008).

Os resultados deste estudo apontaram que os óleos essenciais de *S. terebinthifolius*, *E. citriodora* e *C. winterianus* são alternativas promissoras no controle de pulgões em couve-verde. Os OEs de *S. terebinthifolius* e *C. winterianus* apresentaram taxas de mortalidade superiores a 80%, na concentração de 1%, e todos tiveram ação repelente para *B. brassicae* e *M. persicae*. O óleo essencial de pimenta-rosa além de causar a morte e repelir os afídeos, também atraiu o parasitoide associado a estas espécies, *D. rapae*. Em contraponto, o óleo de *C. winterianus* foi repelente para esse inimigo natural, mas foi com este tratamento que, de forma geral, foram obtidos os melhores resultados tanto em relação à repelência, quanto a sua ação tóxica contra ambos os pulgões, mesmo na menor concentração testada. Desta forma, novos estudos devem ser realizados a campo para que se possa fazer uma análise mais criteriosa sobre as interações tróficas associadas à aspersão destes óleos em couve-verde.

3.4 Referências

- Abbott, WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18(2):265–267. <https://doi.org/10.1093/jec/18.2.265a>
- Abdelgaleil, SAM et al (2009) Fumigant and contact toxicities of Monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their Inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *J Chem Ecol* 35:518–525 <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-009-9635-3>
- Abramson, CI et al (2006) Effect of Essential Oil from Citronella and Alfazema on Fennel Aphids *Hyadaphis foeniculi* Passerini (Hemiptera: Aphididae) and its Predator *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera). *Am J Environ Sci* 3:9–10 <http://dx.doi.org/10.3844/ajessp.2007.9.10>
- Andrade, LH et al (2013) Efeito repelente de azadiractina e óleos essenciais sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: aphididae) em algodoeiro. *Rev Ciênc Agron* 44:628–634 <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902013000300027>
- AOAC (1992) Association of official analytical chemistry. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 12th ed. Washington 1015 p
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M (2008) Biological effects of essential oils—a review. *Food Chem Toxicol* 46(2):446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Bass C, et al (2014) The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochem Mol Biol* 51:41–51. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.05.000>
- Benelli, G, et al (2018) Insecticidal activity of camphene, zerumbone and α -humulene from *Cheilocostus speciosus* rhizome essential oil against the Old-World bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Ecotoxicol Environ Saf* 148:781–786 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.044>
- Brilinger, D et al (2019) Mortality Assessment of Botanical Oils on *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) Applied in Fruits Under Laboratory Conditions. *J Agric Sci* 11:287–294
- Campolo, O et al (2017) Citrus peel essential oil nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta*: chemical properties and biological activity. *Sci Rep* 7(1):1–10 <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-13413-0>
- Costa, AV et al (2013) *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil on *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Biosci J* 29(6):1840–1847
- Costa, A et al (2015) Chemical Composition of Essential Oil from *Eucalyptus citriodora* Leaves and Insecticidal Activity Against *Myzus persicae* and *Frankliniella schultzei*. *J Essent Oil Bear Plants* 18:374–381 <http://doi.dx.org/10.1080/0972060X.2014.1001200>
- Cruz, et al (2017) 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). *J Essent Oil Bear Plants* 20:1360–1369 <http://doi.dx.org/10.1080/0972060X.2017.1383192>
- Dicke, M et al (1990) Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: Prospects for application in pest control. *J Chem Ecol* 16(11):3091–3118 <http://dx.doi.org/10.1007/bf00979614>
- Ennigrou, A et al (2017) Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. *South African J Botany* 108:407–415 <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.sajb.2016.09.005>
- Filomeno, CA et al (2017) *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. *Ind Crops Prod* 109:374–383 <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.033>.

- Gorski, R Tomczak, M (2010) Usefulness of natural essential oils in the control of fox glove aphid (*Aulacorthum solani* Kalt.) occurring on eggplant (*Solanum melongena* L.). *Ecol Chem Eng* 17(3):345-349
- Gouvêa, SM et al (2019) Effects of paracress (*Acmella oleracea*) extracts on the aphids *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* and two natural enemies. **Ind Crops Prod** 128:399-404 <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.040>
- Graham-Bryce, IJ (1983) Novel chemical approaches to crop protection: Needs and solutions. *Pestic Sci* 14(3):261-271
- Holtz, AM. et al (2015) Pragas das brássicas. Instituto Federal Espírito Santo. Colatina-ES. Ed 1º, 230p
- Hussein, H Salem, M Soliman, A (2017) Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Sci Hortic* 216:111-119 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.004>
- Ikbal, C Pavela, R (2019) Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. **J Pest Sci** 92(3):971-986 <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-019-01089-6>
- Isman, MB (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annu Rev Entomol** 51:45-66
- Isman, MB (2020) Botanical Insecticides in the Twenty-First Century—Fulfilling Their Promise? **Annu Rev Entomol** 65(8):233-249
- Karami, A et al (2018) **Parasitism capacity and searching efficiency of *Diaeretiella rapae* parasitizing *Brevicoryne brassicae* on susceptible and resistant canola cultivars.** **J Asia-pacific Entomol** 21(4):1095-1101 <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2018.08.008>
- Kissen, R et al (2009) Modifying the Alkylglucosinolate Profile in *Arabidopsis thaliana* Alters the Tritrophic Interaction with the Herbivore *Brevicoryne brassicae* and Parasitoid *Diaeretiella rapae*. **J Chem Ecol** 35(8):958-969 <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-009-9677-6>
- Koul, O Walia, S Dhaliwal, GS (2008) Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. *Biopestic Int* 4(1)63-84
- Lima, R et al (2009) Composição dos Óleos Essenciais de Anis-estrelado *Illicium verum* L. e de Capim-limão *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: Avaliação do Efeito Repelente sobre *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera). **Bioassay** 3:1-6 <http://dx.doi.org/10.14295/ba.v3.0.56>
- Lima, RK et al (2014) Composição química e toxicidade de óleos essenciais para o pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852). **Arq Instit Biol** 81:22-29 <http://dx.doi.org/10.1590/s1808-16572014000100005>
- López, MD Pascual-Villalobos, MJ (2010) Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. **Ind Crops Prod** 31(2):284-288 <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.11.005>
- Lucca, PSR et al (2015) The insecticidal potential of *Foeniculum vulgare* Mill., *Pimpinella anisum* L. and *Caryophyllus aromaticus* L. to control aphid on kale plants. **Rev Bras Plant Med** 17(4):585-591 http://dx.doi.org/10.1590/1983-084x/14_036
- MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento). Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 15 dez 2021
- Marrone, PG (2019) Pesticidal natural products – status and future potential. **Pest Manag Sci** 2325-2340 <http://dx.doi.org/10.1002/ps.5433>
- Michael H, Raja N (2012) Evaluation of *Melia azedarach* Linn *Croton macrostachys* Hochst and *Schinus molle* Linn Plant Extracts against Cabbage Aphid *Brevicoryne brassicae* Linn and their Natural Enemies *Diaeretiella rapae* (Mintosh) and *Hippodamia tredecimpunctata* Linn. *Asian J Agric Sci* 4(6):411-418

- Mills, C (2004) et al Inhibition of acetylcholinesterase by Tea Tree oil. **J Pharm Pharmacol** 56(3):375-379 <http://dx.doi.org/10.1211/0022357022773>
- Motazedian, N et al (2014) Insecticidal activity of five medicinal plant essential oils against the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. **J Crop Prot** 2(3):137-146
- Munthali, D Tshegofatso, A (2014) Factors Affecting Abundance and Damage Caused by Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* on Four Brassica Leafy Vegetables: *Brassica oleracea* var. *Acephala*, *B. chinense*, *B. napus* and *B. carinata*. **The Open Entomol J** 8:9 <http://dx.doi.org/10.2174/1874407901408010001>
- Nascimento, AF Camara, CA Moraes, MM (2018) Fumigant activity of *Schinus terebinthifolius* essential oil and its selected constituents against *Rhyzopertha dominica*. **Rev Facul Nac Agron** 71:8359-8366 <http://dx.doi.org/10.15446/rfna.v71n1.62743>
- Nararak, J et al (2019) Excito-repellent activity of β -caryophyllene oxide against *Aedes aegypti* and *Anopheles minimus*. **Acta Trop** 197:1-8 <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.05.021>
- Oliveira Junior, LFG et al (2013). Efeito fungitóxico do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius* RADDI) sobre *Colletotrichum gloeosporioides*. **Rev Bras Plantas Med** 15:150-157 <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000100021>
- Pavela, R (2008) Insecticidal properties of several essential oils on the house fly (*Musca domestica* L.). **Phytot Res** 22:274-278 <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.2300>.
- Pavela R (2015) Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. **Ind Crop Prod** 76:174–187. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.050>
- Pavela, R (2018) Essential oils from *Foeniculum vulgare* Miller as a safe environmental insecticide against the aphid *Myzus persicae* Sulzer. **Environ Sci Pollut Res** 25:10904-10910 <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-018-1398-3>
- Pavela R (2016) History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects—a review. **Plant Prot Sci** 52:229–241
- Pavela R, Benelli G (2016) EOs as eco-friendly biopesticides? Challenges and constraints. **Tr Plant Sci** 21(12):1000–1007. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005>
- Pereira, RB et al (2008) Extrato de casca de café, óleo essencial de tomilho e acibenzolar-S-metil no manejo da cercosporiose-do-cafeeiro. **Pesq Agropec Bras** 43:1287-1296 <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2008001000005>
- Pinheiro, PF et al (2013) Insecticidal activity of citronella grass essential oil on *Frankliniella schultzei* and *Myzus persicae*. **Ciênc Agrotec** 37:138-144
- Rakhshani, E Starý, P Tomanović, Ž (2015) Aphidiinae (Hymenoptera, Braconidae) aphid parasitoids of Malta: review and key to species: review and key to species. **Bull Entomol Soc Malta** 7:121-137 <http://dx.doi.org/10.17387/BULLENTSOCMALTA.2015.10>
- Regnault-roger, C Hamraoui, A (1995) Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **J Stored Prod Res** 31:291-299 [http://dx.doi.org/10.1016/0022-474x\(95\)00025-3](http://dx.doi.org/10.1016/0022-474x(95)00025-3)
- Regnault-roger, C (1997) The potential of botanical essential oils for insect pest control. **Integr Pest Manag Rev** 2:25-34 <http://dx.doi.org/10.1023/a:1018472227889>
- Regnault-roger, C Vincent, C Arnason, J T (2012) Essential Oils in Insect Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. **Annu Rev Entomol** 57:405-424 <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>
- Sales, T A et al (2017) Essential Oils from the Leaves and Flowers of *Callistemon viminalis*: Chemical Characterization and Evaluation of the Insecticide and Antifungal Activities. **Am J Plant Sci** 8:2516-2529 <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2017.810171>

- Santos, MRA et al (2013) Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) Ferrari. *Rev Bras Plant Med* 15:757-762
- Shasany, AK et al (2000) Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle. *Genet Resour Crop Evolut* 47:553-559 <http://dx.doi.org/10.1023/a:1008712604390>
- Silva, CTS et al (2018) Effects of citronella oil (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) midgut and fat body, *Biotech Histochem* 93:36-48 <http://dx.doi.org/10.1080/10520295.2017.1379612>
- Souza, MF et al (2017) Influence of Host Quality and Temperature on the Biology of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: braconidae, aphidiinae). **Environ Entomol** 46:995-1004 <http://dx.doi.org/10.1093/ee/nvx108>
- Tak, J Jovel, E Isman, M B (2015) Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **J Pest Sci** 89:183-193 <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-015-0655-1>
- Toledo, PF et al (2019) Essential oil from Negramina (*Siparuna guianensis*) plants controls aphids without impairing survival and predatory abilities of non-target ladybeetles. **Environ Pollut** 255:1-12 <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113153>
- Tripathi AK Prajapati V Kumar S (2003) Bioactivities of l-carvone, d-carvone, and dihydrocarvone toward three stored product beetles. *J Econ Entomol* 96:1594-1601 <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-96.5.1594>
- Tripathi, AK et al (2009) A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. **J Pharmacogn Phytother** 1:1-13
- Verdi, M Z Abbasipour, H Chegini, S G (2019) Phytochemical and Insecticidal Study of the Avishan-e-denaii (*Thymus daenensis* Celak.) Essential Oil against the Melon Aphid (*Aphis gossypii* Glover). **J Essent Oil Bear Plants** 22:545-553 <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2019.1618739>
- Zarrad, K et al (2015) Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. **Ind Crops Prod** 76:121-127 <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.039>
- Ziaee, M Hamzavi, F (2013) A review of plant essential oils as a component of integrated pest management in stored products protection. **Conference: International Conference on Green Agro-industry (ICGAI), Yogyakarta, Indonesia** 5(8):394-402
- Wany, A et al (2013) Chemical analysis and therapeutic uses of citronella oil from *Cymbopogon winterianus*: A short review. *Int J Adv Res* 504-521
- Yang, NW et al (2010) Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. **Crop Protect** 29:1200-1207 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.006>
- Yi, CG et al (2007) Fumigant toxicity of plant essential oils to *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) and *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae). *J Asia-Pacific Entomol* 10:157-163

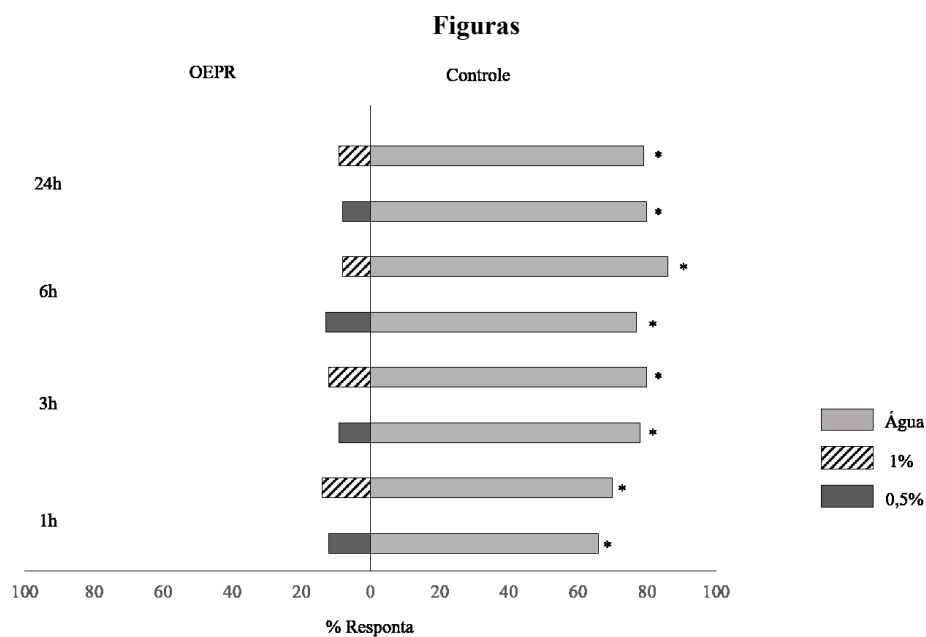


Fig. 1 Resposta (%) quimiotática de *Brevicoryne brassicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de pimenta-rosa (OEPR) (*Schinus terebinthifolius*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)

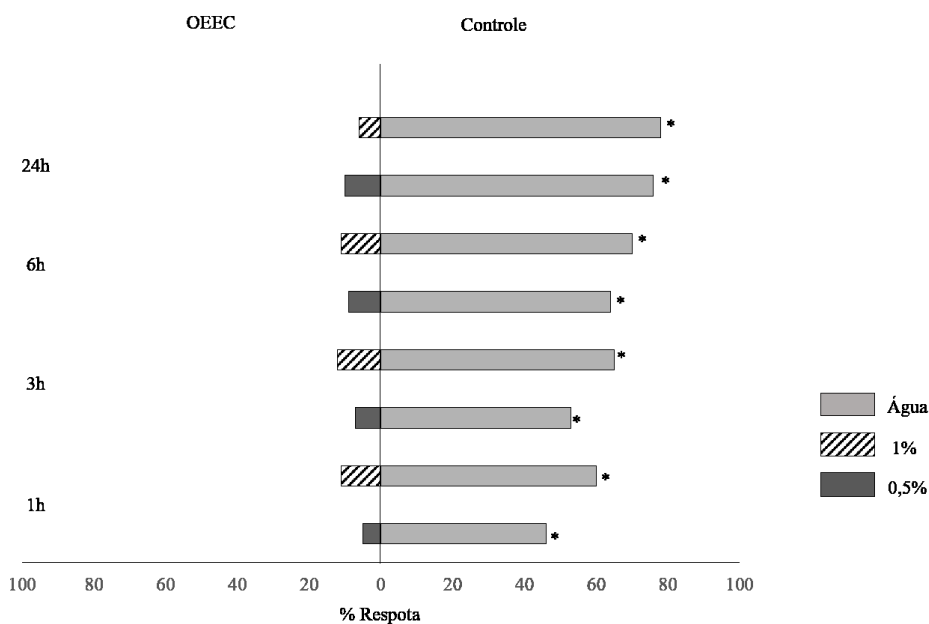


Fig. 2 Resposta (%) quimiotática de *Brevicoryne brassicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de eucalipto-cidrô (OEEC) (*Eucalyptus citriodora*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)

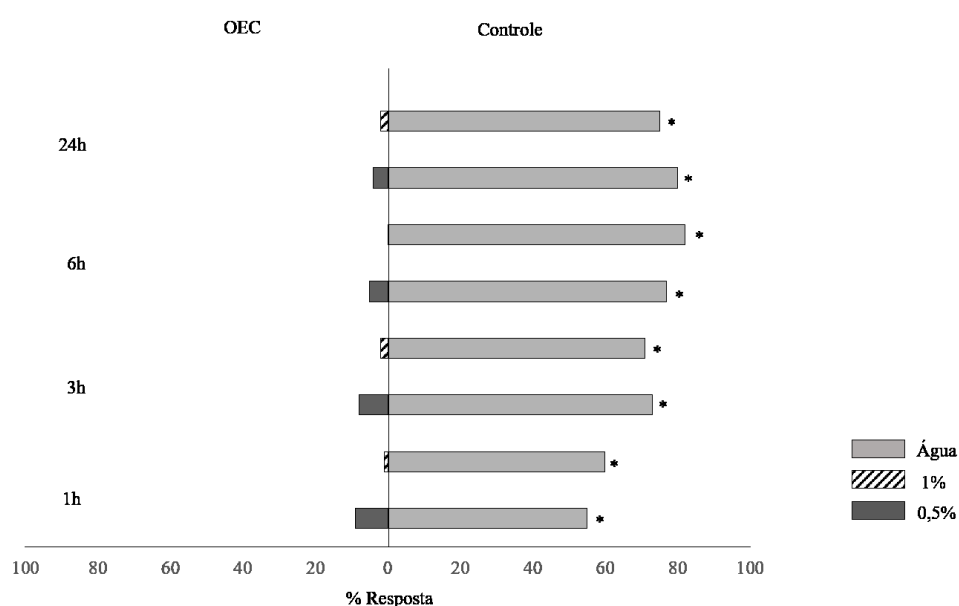


Fig. 3 Resposta (%) quimiotática de *Brevicoryne brassicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de citronela (OEC) (*Cymbopogon winterianus*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)

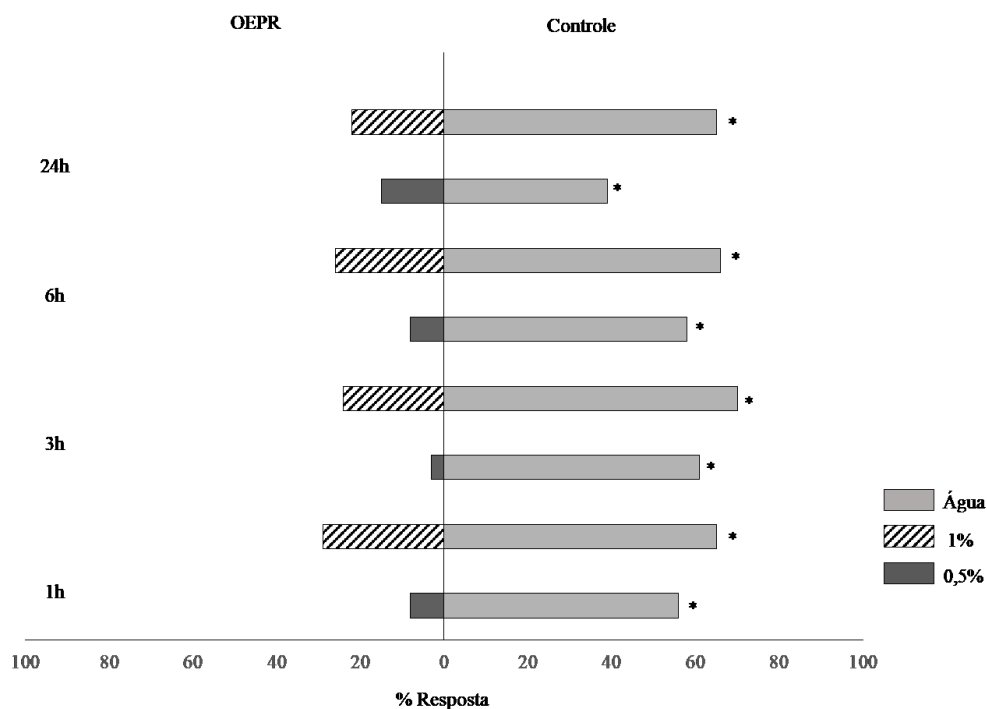


Fig. 4 Resposta (%) quimiotáctica de *Myzus persicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de pimenta-rosa (OEPR) (*Schinus terebinthifolius*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)

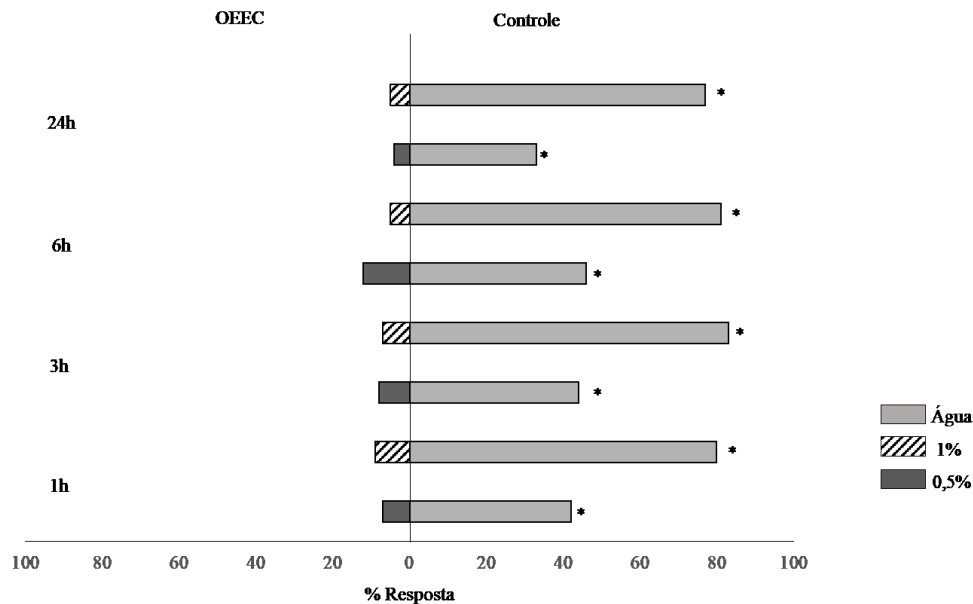


Fig. 5 Resposta (%) quimiotáctica de *Myzus persicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de eucalipto-cidrô (OEEC) (*Eucalyptus citriodora*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)

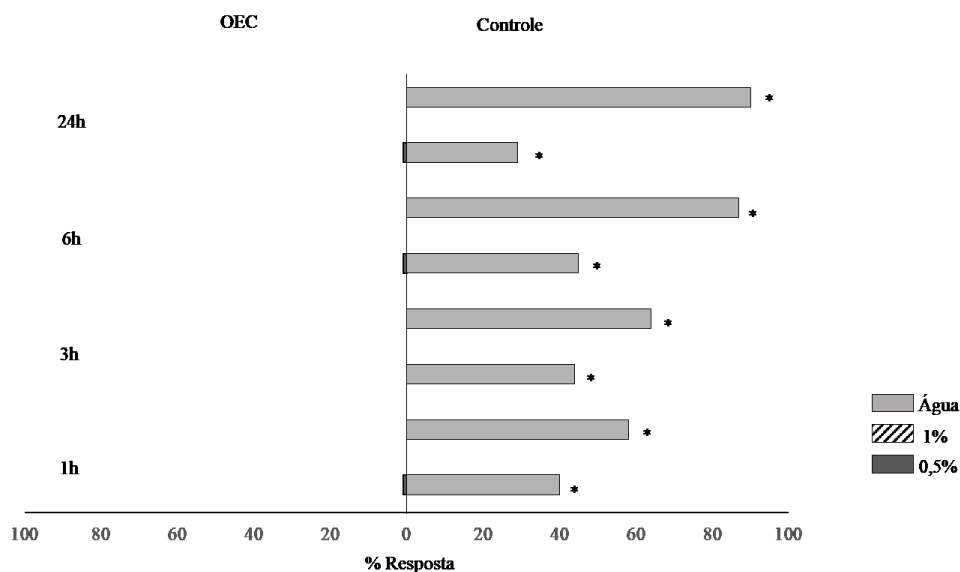


Fig. 6 Resposta (%) quimiotática de *Myzus persicae*, em quatro períodos de amostragem, a discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) acondicionados em placas de Petri e tratados com 0,5% e 1% de óleo essencial de citronela (OEC) (*Cymbopogon winterianus*) ou com água (controle). Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $P < 0,001$). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 100 (10 repetições)

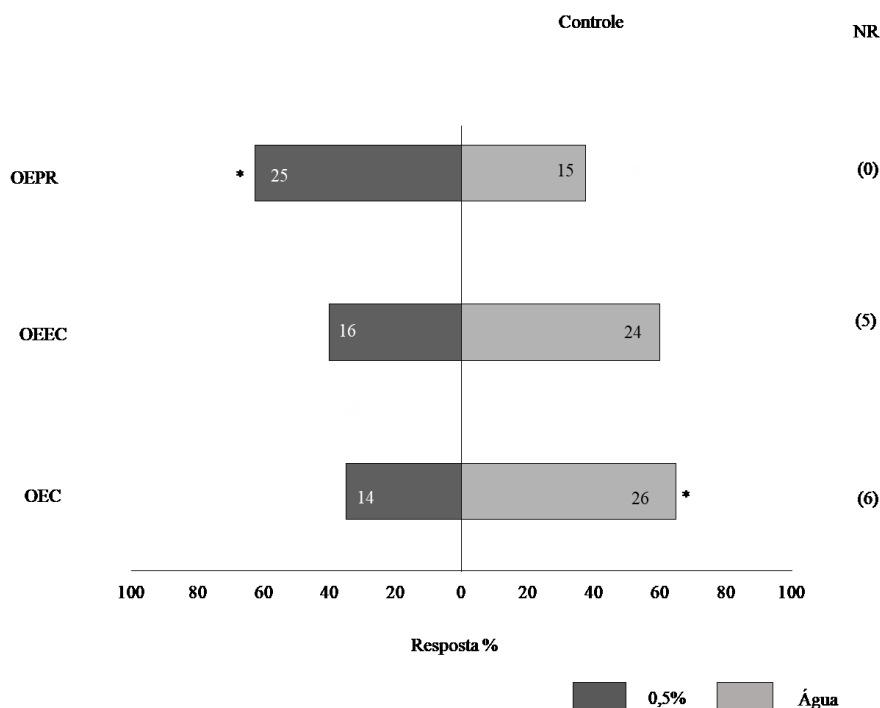


Fig. 7 Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Diaeretiella rapae* (até 48 horas de idade) provenientes de *Brevicoryne brassicae* ou *Myzus persicae* testadas em olfatômetro Y de dupla escolha entre plantas de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) aspergidas com 0,5% do óleo essencial de pimenta-rosa (OEPR) (*Schinus terebinthifolius*), eucalipto-cidrô (OEEC) (*Eucalyptus citriodora*) ou citronela (OEC) (*Cymbopogon winterianus*) contrastadas com plantas tratadas com água (controle). Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco (*) diferem (χ^2 , $P < 0,05$). NR = número de insetos não responsivos

Tabela

Tabela 1 Número médio (\pm DP) de *Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae* mortos após 24 e 48 horas em discos foliares de couve-verde (*B. oleracea* var. *acephala*) tratados com óleo essencial de pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius*), eucalipto-cidrô (OEEC) (*Eucalyptus citriodora*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) (OEC) ou com água (controle). Número total de insetos avaliados em cada contraste = 10 (10 repetições)

Tratamentos	<i>Brevicoryne brassicae</i>				<i>Myzus persicae</i>			
	24h	Abbott (%)	48h	Abbott (%)	24h	Abbott (%)	48h	Abbott (%)
0,5% OEPR	1,0 \pm 1,15 cB	3,23	2,0 \pm 2,05 cA	11,11	2,1 \pm 3,64 bA	20,20	4,2 \pm 2,08 bB	38,95
OEEC	3,0 \pm 3,57 bA	25,81	4,0 \pm 3,40 bA	33,33	1,3 \pm 1,70 bcB	12,12	4,6 \pm 2,59 bA	43,16
OEC	9,5 \pm 0,71 aB	94,62	10,0 \pm 0,00 aA	100,00	5,8 \pm 3,58 aB	57,58	7,3 \pm 3,94 aA	71,58
1% OEPR	6,5 \pm 1,96 bB	62,37	8,8 \pm 1,47 aA	87,10	7,4 \pm 2,91 bB	73,74	8,4 \pm 2,32 bA	83,84
OEEC	3,8 \pm 2,20 cB	33,33	6,5 \pm 2,32 bA	62,37	6,3 \pm 3,02 bB	62,63	7,7 \pm 2,16 bA	76,77
OEC	9,0 \pm 1,63 aA	89,25	9,6 \pm 1,26 aA	95,70	9,2 \pm 1,13 aA	91,92	9,9 \pm 0,32 aA	98,99
Controle	0,7 \pm 0,82 dB		1,0 \pm 1,05 cA		0,1 \pm 0,32 cB		0,5 \pm 0,71 cA	

** Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha (tempo de exposição para cada espécie) e minúsculas distintas na coluna (para cada óleo) são significativamente diferentes por Tukey e Kruskal-Wallis ($P < 0,05$)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossos resultados mostraram que os óleos essenciais de *S. terebinthifolius*, *E. citriodora* e *C. winterianus* são alternativas naturais promissoras no controle de pulgões em couve-verde. O OE de citronela mostrou excelente eficácia inseticida contra *B. brassica* e *M. persicae* (100% e 71,58%) mesmo na menor concentração testada. No entanto, este óleo não se mostrou benéfico ao inimigo natural *D. rapae*. De maneira especial, o OE de pimenta-rosa não causou repelência ao parasitoide, demonstrando um efeito quimiotático positivo nesse organismo, na mesma concentração que ocasionou repelência aos pulgões.

Nosso estudo é importante, pois são poucos os trabalhos com óleos essenciais que avaliam os efeitos sobre inimigos naturais. Esses resultados podem auxiliar no manejo de pulgões em couve-verde, gerando uma alternativa ao uso de inseticidas químicos. Assim como relatamos, a interação com outros níveis tróficos como em inimigos naturais, predadores e hiperparasitoides são essenciais para a utilização desses produtos no manejo de pragas. Inseticidas botânicos, como os óleos essenciais, apresentam baixa persistência, pois são fotossensíveis e voláteis, logo seu uso requer tecnologias que aprimorem e/ou padronizem as formulações como processos de nanoemulsão e de encapsulação. As vantagens atreladas a esses produtos, está justamente no baixo impacto ao meio ambiente, já que se tratam de produtos naturais, além da possibilidade de rotação de ingrediente ativos, o que diminui o risco de ocorrência de resistência.

Dentre as espécies avaliadas nesse estudo, a pimenta-rosa *S. terebinthifolius* apresenta potencial de uso tanto como inseticida no controle de *B. brassicae* e *M. persicae*, quanto na atratividade de *D. rapae* um importante inimigo natural dessas espécies. Contudo, a pesquisa com óleos essenciais é contínua, tendo em vista a complexidade desses produtos. Para o futuro, fica a necessidade de estudos a respeito da

interação dos OEs com a fisiologia da planta hospedeira, assim como investigar se ocorrem efeitos fitotóxicos sobre as mesmas. Atualmente esses produtos são amparados legalmente para uso em sistema de cultivo orgânico, entretanto não existem produtos registrados para a cultura da couve e não são relatadas dosagem e restrições ao uso dos mesmos. Produtos comerciais a base de Nim *A. indica* são um exemplo bem-sucedido de inseticida botânico, porém com a vasta riqueza da biodiversidade de plantas com propriedades inseticidas ainda pouco exploradas, se faz necessário um olhar atencioso a estes recursos como alternativas aos produtos químicos sintéticos.

5 ANEXOS

ANEXO 1. Análises químicas dos óleos essenciais

Para obtenção das análises da composição química dos OEs, foi injetado 1µL de solução (1 µL do óleo essencial em 1mL de acetato de etila - grau Cromatográfico) para cada óleo em CG-DIC (Shimadzu CG-2010, coluna DB-5, i.d. 30 m × 0,25 mm, filme 0,25 µm; Jand & W Scientific, Folsom, CA, USA) através de um injetor (AOS-Shimadzu), modo split (1/20) e hélio como gás de arraste. A temperatura inicial da rampa foi de 60 °C por 1 minuto com um aumento gradual 3 °C/min até a temperatura 240 °C. A temperatura do detector foi de 300 °C. Os dados foram coletados através do software Class-CG e processados com o software Origin 5.0 (Originlab Corporation, Northampton, MD, USA). Para análise qualitativa dos compostos, amostras selecionadas foram injetadas em um cromatógrafo gasoso acoplado a espectrometria de massas (CG-EM Shimadzu QP-5000) com ionização por impacto de elétrons (energia de ionização de 70eV) com analisador quadrupolar. Os extratos foram injetados no modo split, 1/20 e hélio foi usado como gás de arraste. Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida: OV-5 (Ohio Valley Specialty Chemical, Inc. 30,0m x 0,25mm x 0,25µm). O programa de temperatura e a coluna foram idênticos aos usados na análise por CG.

As substâncias foram identificadas pela comparação de seus espectros de massas com o banco de dados do sistema CG-EM (Nist62.LIB, Wiley139.LIB) e literatura (ADAMS, 2007) e por comparação dos seus índices de retenção linear calculados (IRL) com a base em Adams (2007). Para o cálculo dos índices de retenção linear (IRL) foi empregada uma mistura de n-alcenos (C9-C24 - Sigma Aldrich 99%), analisada nas mesmas condições operacionais dos óleos essenciais, aplicando-se a equação de Van den Dool & Kratz, (1963). Sempre que possível, foi feita a injeção do padrão sintético.

ANEXO 2. Composição química (% relativa) do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius*

Pico	Tempo de retenção (min)	IRL	IRL _L	Substância	% relativa
1	6,688	931	932	α -pineno	5,38
2	7,800	967	-	ni	0,27
3	7,888	970	969	sabineno	0,67
4	8,021	974	974	β -pineno	0,77
5	8,412	988	988	mirreno	42,64
6	8,926	1002	1002	α -felandreno	4,06
7	9,148	1009	-	ni	33,36
8	9,638	1020	1020	<i>p</i> -cimeno	1,81
9	9,821	1025	1025	β -felandreno	5,61
10	12,149	1084	1086	terpinoleno	0,63
11	26,438	1411	1417	<i>E</i> -cariofileno	2,78
12	28,968	1472	1478	γ -muuroleno	1,57
13	30,649	1514	1522	δ -cadineno	0,46
Total identificado					66,38
Total não identificado					33,63

IRL = Índice de retenção linear da substância; IRL_L = Índice de retenção de literatura (Adams, 2007); ni = não identificado

ANEXO 3. Composição química (% relativa) do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*.

Pico	Tempo de retenção (min)	IRL	IRL _L	Substância	% relativa
1	6,018	911	908	isobutirato de isobutila	0,43
2	6,689	932	932	α -pineno	0,15
3	8,022	974	974	β -pineno	0,62
4	9,914	1027	1026	1,8-cineol	0,40
5	10,954	1054	1054	γ -terpineno	0,18
6	12,555	1095	1095	linalol	0,83
7	14,529	1140	1145	isopulegol	6,14

Continuação ANEXO 3. Composição química (% relativa) do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*.

8	14,851	1150	1148	citronelal	79,92
9	15,011	1154	-	ni	3,41
10	15,536	1163	1167	neo-iso-isopulegol	0,37
11	18,076	1223	1223	citronelol	7,17
12	26,436	1412	1417	E-cariofileno	0,37
Total identificado					96,58
Total não identificado					3,41

IRL = Índice de retenção linear da substância; IRL_L = Índice de retenção de literatura (Adams, 2007); ni = não identificado.

ANEXO 4. Composição química (% relativa) do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus*.

Pico	Tempo de retenção (min)	IRL	IRL _L	Substância	% relativa
1	9,808	1025	1024	limoneno	2,36
2	12,556	1095	1095	linalol	0,70
3	14,530	1139	1145	isopulegol	0,96
4	14,823	1148	1148	citronelal	48,04
5	15,004	1153	-	ni	0,51
6	18,601	1222	1223	citronelol	11,14
7	18,641	1233	1235	neral	0,37
8	19,218	1248	1249	geraniol	17,15
9	19,929	1263	1264	geranial	0,38
10	23,520	1346	1350	acetato de citronelila	1,28
11	24,819	1376	1379	acetato de geranila	0,95
12	25,262	1385	1389	β-elemeno	1,04
13	28,962	1472	1478	γ -muuroleno	0,93
14	30,639	1513	1513	δ -cadineno	0,9
15	31,639	1538	1548	elemol	9,55

Continuação ANEXO 4. Composição química (% relativa) do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus*.

16	32,693	1564	-	ni	1,21
17	35,221	1624	1638	ni	0,85
18	35,724	1636	1644	α -muurolol	1,68
Total identificado					97,43
Total não identificado					2,57

IRL = Índice de retenção linear da substância; IRLI = Índice de retenção de literatura (Adams, 2007); ni = não identificado.