

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO EM AGROECOLOGIA

DALTON RODRIGUES BARROS BRITO

COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA LARANJEIRA ‘PERA’ [*Citrus sinensis*
(L.) Osbeck] EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS: BIOATIVIDADE A *Aceria*
guerreronis Keifer (Acari: Eriophyidae) E SELETIVIDADE A INIMIGO NATURAL

SÃO LUIS – MA

2020

DALTON RODRIGUES BARROS BRITO

Engenheiro Agrônomo

COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA LARANJEIRA ‘PERA’ [*Citrus sinensis*
(L.) Osbeck] EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS: BIOATIVIDADE A *Aceria*
guerreronis Keifer (Acari: Eriophyidae) E SELETIVIDADE A INIMIGO NATURAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Agroecologia da Universidade
Estadual do Maranhão para obtenção do título
de Mestre em Agroecologia.

Orientador: ADENIR VIEIRA TEODORO

Coorientadora: DÉLIA MILAGROS PINTO
ZEVALLOS

SÃO LUÍS – MA

2020

Brito, Dalton Rodrigues Barros.

Composição do óleo essencial da laranjeira 'pera' [*Citrus sinensis* (L) Osbeck] em diferentes porta-enxertos: bioatividade a *Aceria guerreronis keifer* (Acari: Eriophyidae) e seletividade a inimigo natural / Dalton Rodrigues Barros Brito. – São Luís, 2020.

58 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Avenir Vieira Teodoro.

1. Óleo essencial de citros. 2. Biopesticida. 3. Compatibilidade. 4. Efeitos subletais. I. Título.

CDU: 632.95

Elaborado por Giselle Frazão Tavares - CRB 13/665

DALTON RODRIGUES BARROS BRITO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: ADENIR VIEIRA TEODORO

Coorientadora: DÉLIA MILAGROS PINTO ZEVALLS

Aprovada em: 16/ 09/ 2020.

Banca julgadora:



Drº Adenir Vieira Teodoro – Orientador – Embrapa Tabuleiros Costeiros



Drª Ester Azevedo do Amaral – UEMA



Drº José Guedes de Sena Filho – Embrapa Tabuleiros Costeiros

SÃO LUÍS – MA

2020

Dedico este trabalho aos estudantes, professores e pesquisadores, que seja uma fonte de informação e conhecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua bondade em permitir eu viver para concluir mais uma etapa da minha vida.

A meus pais, Creusa Rodrigues Barros Brito (in memorian) e José da Graça Teixeira Brito, pela educação, acompanhamento e orientações.

A meus irmãos Ana Amélia, Daniel e Danilo que sempre estiveram na torcida por mim.

A Mário Veiga, amigo e companheiro de toda hora, que sempre se prontificou e se disponibilizou para ajudar no que fosse preciso.

Ao meu orientador Adenir Teodoro por aceitar o desafio de me orientar e a minha coorientadora Délia Pinto-Zevallos, pelo conhecimento repassado.

Ao casal Ronaldo e Vera Heitor pelo o acolhimento em Aracaju.

Aos amigos de laboratório da UEMA, Ana Carol, Vitória e toda a trupe, e aos amigos de laboratório da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Carol Rabelo pelo o apoio na pesquisa e a José Guedes, pelo o auxílio na extração do óleo e pelos ensinamentos.

Aos amigos Cris, Carol Rabelo e Luís Paulo, Danúbia, pela amizade, momentos de descontração e pelo apoio na minha temporada em Aracaju.

A Luís Viteri Jumbo pelo seu apoio, conhecimento e suporte com os dados estatístico.

A Wildson, amigo de turma no mestrado, pelo convívio nesse tempo e pelas horas de estudos.

Aos demais que indiretamente me ajudaram nessa jornada de luta e desafios que é realizar pesquisa.

A todos fica aqui minha GRATIDÃO.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

RESUMO GERAL

ABSTRACT

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Óleo essencial de plantas e sua bioatividade.....	14
2.2. Óleo essencial de citros e sua bioatividade.....	16
2.3. A citricultura nordestina.....	17
2.4. A cultura do coqueiro.....	19
2.5. Ácaro-da-necrose <i>Aceria guerreronis</i> (Acari: Eriophyidae).....	20
2.6. Ácaro predador <i>Typhlodromus ornatus</i> (Acari: Phytoseiidae).....	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

CAPÍTULO 2: Análise química dos compostos voláteis da laranjeira ‘Pera’ em diferentes porta-enxertos: bioatividade a *Aceria guerreronis* e compatibilidade com o predador *Typhlodromus ornatus*

Resumo.....	35
Abstract.....	36
1. Introdução.....	37
2. Material e métodos.....	38
2.1. Óleos essenciais.....	38
2.1.1. Coleta e extração.....	38
2.1.2. Composição química.....	39
2.2. Criação de <i>Typhlodromus ornatus</i>	40
2.3. Toxicidade a <i>Aceria guerreronis</i>	40
2.4. Repelência a <i>Aceria guerreronis</i>	41
2.5. Toxicidade temporal.....	41
2.6. Mortalidade de <i>Typhlodromus ornatus</i>	41
2.7. Taxa de crescimento de <i>Typhlodromus ornatus</i>	42
3. Análises estatísticas.....	42
4. Resultados.....	42
4.1. Composição dos óleos essenciais.....	42
4.2. Toxicidade do óleo essencial a <i>Aceria guerreronis</i> e seletividade ao predador <i>Typhlodromus ornatus</i>	43
4.3. Repelência a <i>Aceria guerreronis</i>	43
4.4. Toxicidade temporal.....	43
4.5. Taxa de crescimento de <i>Typhlodromus ornatus</i>	43
5. Discussão.....	43
6. Considerações finais.....	46
7. Anexos.....	46
8. Referências bibliográfica.....	51

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

Figura 1. Imagem da colônia de *A. guerreronis* (A). Dano em coco causado pelo ataque de *A. guerreronis* (B).....22

Figura 2. Imagem do ácaro predador *Typhlodromus ornatus*.....23

Capítulo 2

Figura 1. Mortalidade a *A. guerreronis* e suscetibilidade do ácaro predador *T. ornatus* expostos a CL₂₅ (2,10 mg/mL), CL₅₀ (4,28 mg/mL) e CL₈₀ (10,39 mg/mL), estimadas para a praga. Cada símbolo representa a mortalidade média da praga (cinza) e do predador (preto)49

Figura 2. Percentual de *A. guerreronis* na área tratada CL₈₀ (10,39 mg/mL) e não tratada (controle). Cada barra (erro padrão) representa a média de 60 repetições avaliadas após 1, 14 e 24 horas.....49

Figura 3. Toxicidade temporal da CL₈₀ (10,39 mg/mL) do óleo essencial das folhas de laranjeira ‘Pera’ a *A. guerreronis*.....50

Figura 4. Taxa instantânea de crescimento (r_i) do ácaro predador *T. ornatus* exposto à CL₈₀ (10,39 mg/mL) do óleo essencial das folhas de laranjeira ‘Pera’, estimada para *A. guerreronis*. Letras iguais sobre a mesma barra não expressam diferença pelo test-t ($P < 0.05$).....50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Constituintes químicos do óleo essencial obtidos da copa laranjeira ‘Pera’ (*C. sinensis*) sobre o porta-enxerto HTR-051, limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, limoeiro ‘Rugoso Vermelho’, citrandarin ‘Riverside’, híbrido HTR-208, tangeleira ‘Orlando’, citrandarin ‘San Diego’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, citrandarin ‘Índio’, limoeiro ‘Cravo’.....46

Tabela 2. Concentrações letais (CL_{50} e CL_{80}) (mg/mL) de óleo essencial de folhas de laranjeira ‘Pera’ (*C. sinensis*) enxertada no limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) a *A. guerreronis*. n: número de indivíduos, χ^2 : qui-quadrado; P- valor, IC: intervalo de confiança.....49

RESUMO

Os óleos essenciais (OEs) de citros são bioativos a uma variedade de artrópodes fitófagos. No entanto, a despeito da ampliação de variedades para o aumento da diversidade genética dos pomares, pouco se conhece sobre a influência dos porta-enxertos na composição e bioatividade dos OEs nas variedades copa. Assim, o presente trabalho objetivou identificar a composição química dos OEs extraídos das folhas da laranja 'Pera' [*Citrus sinensis* (L.) (Osbeck)], a variedade mais cultivada no pólo citrícola da Bahia e de Sergipe, enxertada em dez porta-enxertos, além de avaliar a bioatividade ao ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) e ao ácaro predador *Typhlodromus ornatus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). O OE extraído das folhas dos dez porta-enxertos apresentou o mesmo perfil químico, a saber: sabineno (30,47-34,17%) componente majoritário, seguido do δ -3-careno (7,78-12,4%) e (*E*)- β -ocimeno (8,04-10,46%). O OE extraído das folhas da combinação laranja 'Pera' x limoeiro 'Cravo' foi selecionado para avaliar a toxicidade letal ao ácaro-da-necrose e avaliar a compatibilidade ao ácaro predador. A seleção do óleo foi embasado nessa combinação de enxerto e porta-enxerto, pois é amplamente cultivada no polo citrícola da Bahia e de Sergipe. Foram determinadas as CL₅₀ (4,28 mg/mL) e CL₈₀ (10,39 mg/mL) para *A. guerreronis*, porém estas mesmas CLs não causaram mortalidade em *T. ornatus*. A CL₈₀ do OE não repeliu *A. guerreronis* e a toxicidade temporal na mesma CL ocorreu somente nas primeiras horas de exposição (<3h). A CL₈₀ do OE, estimada para *A. guerreronis*, não afetou a taxa de crescimento do predador. Dessa forma, conclui-se que o OE obtido das folhas de laranja 'Pera' apresenta bioatividade ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* e compatibilidade com o ácaro predador *T. ornatus*.

Palavras-chave: Óleo essencial de citros. Biopesticida. Compatibilidade. Efeitos subletais.

ABSTRACT

Citrus essential oils (EOs) are bioactive to an array of phytophagous arthropods. Despite the increasing number of varieties to genetically diversify the orchards, little is known about the influence of the rootstock on the composition and bioactivity of EOs in the scion varieties. Thus, this study aimed at identifying the chemical composition of EOs extracted from the 'Pera' sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) (Osbeck)], the most cultivated variety in the citrus growing area of Bahia and Sergipe, grafted on ten rootstocks, assessing its bioactivity to coconut mite *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and compatibility with the predatory mite *Typhlodromus ornatus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). The EO extracted from the leaves of the ten rootstocks presented the same chemical profile, namely: sabinene (30,47-34,17%) as major component, followed by δ -3-carene (7,78-12,4%) and (E) - β -ocimene (8,04-10,46%). The EO extracted from leaves of 'Pera' sweet orange grafted on 'Rangpur' lime was selected to assess the lethal toxicity to coconut mite and to evaluate the compatibility of this EO with the predatory mite. This oil was selected because these combination scion – rootstock is widely cultivated in the study region. The LC₅₀ (4,28 mg/mL) and LC₈₀ (10,39 mg/mL) were estimated for *A. guerreronis*, however these LCs did not cause mortality to *T. ornatus*. The LC₈₀ of the EO did not repel *A. guerreronis* and the temporal toxicity of the same LC occurred only in the first hours of exposure (<3h). The LC₈₀ of the EO, estimated for *A. guerreronis*, did not affect the predator's growth rate. Thus, the EO obtained from 'Pera' sweet orange presented bioactivity to the coconut mite *A. guerreronis* and compatibility with the predatory mite *T. ornatus*.

Keywords: Essential oil of citrus. Biopesticides. Compatibility. Sublethal effects.

Capítulo 1

Considerações gerais

1. Introdução

Os óleos essenciais (OEs) são compostos químicos voláteis lipofílicos produzidos como resultado do metabolismo secundário das plantas e que são importantes na sua defesa (BENELLI et al., 2018; GOMES et al., 2010; MAHATO et al., 2017). Os OEs vêm sendo estudados, uma vez que apresentam toxicidade, repelência, interferem na fertilidade (BENELLI et al., 2018; GUPTA et al., 2001; SAAD et al., 2017; JESSER et al., 2017) diminuem a palatabilidade ou digestibilidade (RIBEIRO et al., 2015; KOUL et al., 2008) e são inibidores de crescimento de insetos pragas (JUMBO et al., 2014), ao mesmo tempo são biodegradáveis e uma alternativa promissora ao uso de acaricidas sintéticos, devido a sua curta persistência no ambiente e baixa toxicidade a humanos e mamíferos (REGNAULT-ROGER et al., 2012; WAGAN et al., 2018), contribuindo para reduzir os efeitos negativos dos agrotóxicos (JESSER et al., 2017; KHANI e ASGHARI, 2012; PAVELA, 2014). Em via de regra, os OEs apresentam baixa toxicidade a predadores, todavia, concentrações subletais podem provocar efeitos adversos (CASTILHOS et al., 2018).

Dentre os inúmeros OEs estudados, os cítricos têm demonstrado potencial para programas de manejo de insetos e ácaros fitófagos (PAPANASTASIOU et al., 2017; CAMARA et al., 2015; DUTRA et al., 2016; CAMPOLO et al., 2017). Os principais compostos químicos presentes nos OEs cítricos são os monoterpenos, sobretudo limoneno, (β)-pineno, (α)-pineno, sabineno, linalol e (γ)-terpineno, presentes em quantidades variadas (HOSNI et al., 2010; MARTINS et al., 2017). Entre as espécies de *Citrus* pode ocorrer variabilidade de compostos bioativos decorrentes de fatores climáticos, genéticos (NANNAPANENI et al., 2009) ou devido ao porta-enxerto (BEHZAD, 2009; BITTERS e SOCRA, 1970).

O porta-enxerto pode influenciar a quantidade de compostos orgânicos presentes no OE (BEHZAD, 2009), ou influenciar na quantidade de álcoois e ésteres, que por sua vez determina a qualidade do óleo (VERZERA et al., 2003). Pouco se conhece a respeito da influência de diferentes porta-enxertos na composição química do OE da laranja 'Pera' [*Citrus sinensis* (L.) (Osbeck)], uma cultivar de grande importância econômica no Brasil (PASSOS, 2013)

Os óleos cítricos apresentam bioatividade a artrópodes pragas como o caruncho-do-feijão *Callosobruchus maculatus* Fabr. (Coleoptera: Bruchidae) (DUTRA et al., 2016), a cochonilha *Dysmicoccus brevipes* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) (MARTINS et al., 2017), a mariposa indiana *Plodia interpunctella* Hübner

(Lepidoptera: Pyralidae) (JESSER et al., 2017), ao ácaro-verde-da-mandioca *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae) (FARIAS et al., 2020) e ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (ARAÚJO-JÚNIOR et al., 2010; CHOI et al., 2004). Sendo assim, os OEs cítricos possuem potencial a ser usado no controle de outras pragas de cultivos agrícolas, a exemplo de pragas do coqueiro.

O ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) é considerado uma praga-chave do cultivo do coqueiro nas Américas, Ásia e África (RODRIGUES et al., 2018; NAVIA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2012). *Aceria guerreronis*, ao se alimentar, causa necrose epidérmica e deformação nos frutos do coqueiro, reduções de peso da copra (albúmen sólido) e de volume de água do fruto (albúmen líquido), levando a perda de até 60% dos frutos colhidos no Brasil (REZENDE et al., 2016; NAVIA et al., 2013). A principal forma de controle dessa praga é a aplicação de acaricidas sintéticos, porém seu uso excessivo pode acarretar em resíduos nos frutos, poluição no meio ambiente, efeitos adversos sobre inimigos naturais e indução de resistência a pragas (GEIGER et al 2011; CORDEIRO et al., 2010; MOORE e HOWARD, 1996; MARIAU et al., 1981).

Ácaros da família Phytoseiidae são predadores e estão presentes no cultivo do coqueiro, forrageando o fruto e realizando o controle natural a *A. guerreronis* (MCMURTRY et al., 2013; NAVIA et al., 2013; NEGLOH et al., 2011). E dentre a outras espécies de ácaros predadores encontra-se o ácaro *Typhlodromus ornatus* Denmark e Muma (Acari: Phytoseiidae), considerado um predador generalista, pois consome pólen, néctar e pequenos artrópodes (NAVIA et al., 2005) e possui potencial para predação ao ácaro-da-necrose em nível de laboratório (FREITAS et al., 2018). Desta forma, uma vez presente no coqueiro, este ácaro pode vir a ser suscetível a aplicação de produtos de origem vegetal.

Portanto, com base no exposto, este trabalho objetiva identificar a composição química do OE obtido da copa da laranjeira ‘Pera’ enxertada em diferentes porta-enxertos e avaliar a toxicidade ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* e a compatibilidade ao ácaro predador *T. ornatus*.

2. Revisão de literatura

2.1. Óleo essencial de plantas e sua bioatividade

Existe uma grande diversidade de plantas (17.500 espécies) capazes de produzir OEs que são obtidos de várias famílias botânicas: Myrtaceae, Lauraceae, Lamiaceae, Asteraceae, Rutaceae, Zingiberaceae, Verbenaceae, Poaceae, Piperaceae, Cupressaceae (REGNAULT-ROGER et al., 2012; BENELLI, 2015; PAVELA, 2016; SOUZA et al., 2016). Os OEs são extraídos de diferentes órgãos da planta onde estão armazenados, tais como madeira (sândalo, *Santalum* spp), flores (bergamota, subsp. *Bergamia*, *Citrus aurantium* L), folhas (capim-limão, *Citronella* spp.; eucalipto, *Eucalyptus* spp, *Citrus* spp), rizomas (gengibre, *Zingiber officinale* Roscoe; cúrcuma, *Curcuma longa* Linnaeus), frutos (anis, *Pimpinella anisum* Linnaeus; *Citrus* spp), sementes (noz moscada, *Myristica fragrans* Houtt) e raízes (capim vetiver, *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty (REGNAULT-ROGER et al., 2012).

Os terpenóides são os principais constituintes dos OEs que são sintetizados pela rota do ácido mevalônico ou mevalonato (no citosol) e pela rota do metil-eritrol-fosfato (MEP) (no plastídio) a partir de precursores de 5 carbonos (5C), o isopentenil difosfato (IPP) e seu isômero dimetilalil difosfato (DMAPP) que se condensam em número variado para gerar moléculas de diferentes tamanhos (ABBAS et al., 2017). De acordo com o tamanho da molécula os terpenóides recebem denominações diferentes, quando constituídos de 10C são chamados de monoterpenos e seus derivados, monoterpenóides (mentol, limoneno, linalol, citral), de 15C são chamados de sesquiterpenos e seus derivados sesquiterpenoides (α -selineno e β -cariofileno), de 20C e de 30C são classificados como diterpenos e triterpenos, respectivamente (BAKKALI et al., 2008).

Os terpenos desempenham um papel ecológico muito importante uma vez que podem ser tóxicos, atrair ou repelir herbívoros, afetar a oviposição, diminuir a palatabilidade ou digestibilidade ou podem funcionar como atrativos de polinizadores e também inimigos naturais de pragas agrícolas, que realizam o controle biológico (KOUL et al., 2008; MARTINS et al., 2000; PINTO-ZEVALOS et al., 2013).

A grande diversidade de compostos químicos (limoneno, β -cariofileno, p-cimeno, cânfora, linalool, sabineno, α -pineno, 1-8 cineol, humuleno, γ -terpineno, timol, carvacrol e mais outros) presentes nos OEs em concentrações variadas (majoritários e minoritários) são bioativos (CHANG et al., 2009). A bioatividade pode ocorrer pela interação sinérgica, pelo aditivismo, antagonismo e potenciações entre os compostos presentes no OE, principalmente os majoritários (BAKKALI et al., 2008).

O OE obtido de *Cymbopogon nardus* (citronela) e *Corymbia citriodora* (eucalipto) apresentaram toxicidade, repelência e redução da infestação da praga ao

gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) (OOTANI et al., 2011). O uso do OE de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) e *Cinnamomum zeylanicum* (canela) no gorgulho-do-feijão *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) apresentaram toxicidade crônica, diminuição da taxa de crescimento e repelência (JUMBO et al., 2014), enquanto o óleo de *Eucalyptus citriodora* (eucalipto) possui ação repelente contra o mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) (SIRIPORN e MAYURA, 2010). O OE de *Lippia gracilis* apresenta toxicidade ao ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raioella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (SANTOS et al., 2019).

Os OEs são promissores porque são capazes de interferir no comportamento dos insetos, no ciclo de vida, na fase reprodutiva (fertilidade e fecundidade) e na alimentação (BENELLI et al., 2018; RIBEIRO et al., 2015; JESSER et al., 2017; PLATA-RUEDA et al., 2018), além de menos prejudiciais ao meio ambiente, por serem biodegradáveis e possuir menor toxicidade aos peixes, aves e mamíferos (MISRA et al., 1996; PAVELA, 2014; STROH et al., 1998). De forma geral, os OEs são desejáveis em programas de controle de artrópodes pragas, pois não induzem a resistência e geralmente são seletivos a organismos não-alvo (ISMAN, 2015; PAVELA e BENELLI, 2016; REGNAULT-ROGER et al., 2012).

2.2. Óleo essencial de citros e sua bioatividade

Os citros são uma das principais culturas frutícolas do mundo, e os OEs extraídos de suas plantas são utilizados para aromatizar alimentos e bebidas, são ingredientes para cosméticos, perfumes, produtos de higiene pessoal e de uso doméstico (MAHATO et al., 2017; PALAZZOLO et al., 2013; TRANCHIDA et al., 2012). A maior parte da produção do OE é obtida da laranjeira ‘Pera’ *C. Sinensis*, pois é muito cultivada e tem grande importância econômica no Brasil, o que torna o OE de citros disponível para fácil acesso (PASSOS, 2013).

Os OEs de citros são oriundos de glândulas oleíferas localizadas nos tecidos (THOMSON et al., 1976; FERRONATO e ROSSI, 2018) e extraídos a partir dos frutos, folhas e flores, por métodos de hidrodestilação usando o aparelho Clevenger, destilação a vapor e prensagem mecânica a frio (REGNAULT-ROGER et al., 2012; EUR. PHARMACOP.COMM, 2008). Esses óleos são constituídos por uma mistura de mais de 100 compostos orgânicos voláteis (ALQUEZAR et al., 2017), identificados principalmente como hidrocarbonetos (monoterpenos e sesquiterpenos e seus derivados

oxigenados álcoois, aldeídos, ésteres, éteres e óxidos) (DUGO e DI GIACOMO, 2002; GONZÁLEZ-MAS et al., 2011; REGNAULT-ROGER et al., 2012). O limoneno (monoterpeno) geralmente é o composto majoritário presente em maior quantidade em óleo de citros extraído do fruto e folhas (60-95%) e varia de concentração a depender da espécie (JING et al., 2014; CHEN et al., 2014). Outros monoterpenos como linalol, β -mirceno ou β -citronelol são os principais compostos majoritários voláteis presentes no óleo extraído das flores (JABALPURWALA et al., 2009 ; SARROU et al., 2013) e o sabineno, de acordo com a espécie, é o composto majoritário do óleo extraído das folhas (TOMI et al., 2008).

Os componentes químicos dos OEs cítricos apresentam ação acaricida e inseticida (TAK e ISMAN, 2017; ARAUJO-JÚNIOR et al., 2010), que reduz ou interrompe o crescimento de vários estágios de vida nos artrópodes (MURUGAN et al., 2012), afetam o metabolismo (JUMBO et al., 2014), conferem atividade tóxica (FARIAS et al., 2020; ARAUJO-JÚNIOR et al., 2010) e de repelência (CÂMARA et al., 2015; ARAUJO JR et al., 2010). O composto químico majoritário sabineno presente no óleo de folhas de *C. sinensis* é tóxico ao ácaro-verde-da-mandioca *M. tanajoa* (FARIAS et al., 2020), e componentes químicos como α -terpineol, β -cariofileno, *d*-limoneno, citronelal, α -pineno, α -terpinen-4-ol, terpinoleno, γ -careno e linalol apresentam repelência contra o ácaro-rajado *T. urticae* (CÂMARA et al., 2015). O *D*-limoneno presente no óleo OE extraído das cascas do fruto de *C. sinensis* e *C. limom* apresenta toxicidade à cochonilha-branca *Dysmicoccus brevipes* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) (MARTINS et al., 2017).

2.3. A citricultura nordestina

O cultivo de citros (laranja, tangerina, lima ácida e limão) eleva o Brasil a categoria de primeiro maior produtor de laranjas e o segundo maior produtor de citros no mundo, com 17,2 milhões e 19,5 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2018). O sudeste do Brasil é o maior produtor de citros, seguido pelo nordeste e o sul do país (IBGE, 2018).

Na região Nordeste a produção de citros abrange uma área de cultivo de 101.757 ha (IBGE, 2019), onde 90% dos pomares estão localizados na Bahia e em Sergipe (CARVALHO et al., 2020). A maioria dos pomares é formada pelo cultivo da laranjeira ‘Pera’ (*C. sinensis*) enxertada em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck). Essa combinação prospera por causa da compatibilidade entre copa e porta-enxerto, que gera

boa qualidade dos frutos, maior vigor e rendimentos por planta e tolerância à seca (RODRIGUES et al., 2019; CARVALHO et al., 2016; ALMEIDA e PASSO, 2011). Porém, a estreita diversidade genética pode ocasionar perdas de produção em decorrência de estresses bióticos e abióticos, elevando os riscos da produção (CARVALHO et al., 2019). Portanto, outros porta-enxertos vêm sendo avaliados agronomicamente para fins de diversificação dos pomares da região.

Os porta-enxertos são importantes na citricultura porque conferem características biológicas às plantas cítricas, agindo no crescimento e tamanho das plantas, na precocidade da produção e tamanho do frutos, produtividade, coloração da casca e dos frutos, na qualidade do suco influenciando os teores de açúcares e de ácidos, adaptação às condições do solo, maturidade, resistência à doenças e pragas, e composição química das folhas e frutos (CANO e BERMEJO, 2011; POMPEU JÚNIOR, 1991; AGUSTI, 2003; CASTLE et al., 2010, CARVALHO et al., 2020).

Apesar da laranjeira ‘Pera’ ser enxertada majoritariamente no limoeiro ‘Cravo’, há outros porta-enxertos promissores recomendados e em estudo pela Embrapa, como o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck), limoeiro ‘Rugoso Vermelho’ (*C. jambhiri* Lush), HTR-051 e HTR-208 (são híbrido trifoliado), tangeleira ‘Orlando’ (*C. paradisi* Macf x *C. tangerina* hort ex. Tanaka), citrandarin ‘Riverside’ e citrandarin ‘Índio’ (ambos resultante de um cruzamento entre *C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka x *Poncirus trifoliado* (Rutaceae)), citrandarin ‘San Diego’ (*C. sunki* x *P. trifoliada* Swingle) e tangerineira ‘Sunki Tropical’ (*C. sunki* (Hayata) hort ex Tanaka) (CARVALHO et al., 2019, SILVA et al., 2016).

Os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’, limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, limoeiro ‘Rugoso vermelho, citrandarin ‘Índio’ e ‘San Diego’ são capazes de induzir eficiência produtiva igual ou superior a 7,0 kg/m³ de frutos para a laranjeira ‘Pera’ e evitam alta perda de água por evapotranspiração em condição de deficit hídrico (CARVALHO et al., 2016). Os porta-enxertos HTR-051, citrandarin ‘Índio’ e tangerineira ‘Sunki Tropical’ apresentaram menores densidades populacionais de *Tetranychus mexicanus* McGregor (Acari: Tetranychidae) em laranjeira ‘Pera’ (SILVA et al., 2016). HTR-051 promove baixa altura e estrutura do dossel da copa laranjeira ‘Pera’ que por fim aumenta a eficiência do rendimento. Já o limoeiro ‘Rugoso Vermelho’ promove altos rendimentos de frutos, além de conferir mais sólidos solúveis totais, e o porta-enxerto tangeleira ‘Orlando’ apresentou baixo nível populacional de *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae) (CARVALHO et al., 2019).

Os porta-enxertos podem influenciar não somente as características agrônomicas, mas também a composição química dos compostos oxigenados presentes no OE de citros (BEHZAD et al., 2009). Por exemplo, o porta-enxerto pode influenciar a quantidade de compostos orgânicos do óleo, como também a quantidade de álcoois e ésteres, que por sua vez determina a qualidade do óleo (BEHZAD et al., 2009; VERZERA et al., 2003). No entanto, a análise dos OEs da casca do fruto de bergamota (*C. bergamia* R.) sobre cinco diferentes porta-enxertos: laranja azeda (*Citrus aurantium* L.), Carrizo citrange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), laranja trifoliada (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), Alemow (*Citrus macrophylla* Wester), limão volkameriano (*Citrus Volkameriana* Ten. e Pasq.) e o híbrido Troyer citrange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. “Washington navel” x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), apresentou os mesmos compostos químicos: limoneno, acetato de linalil, linalol, sabineno, γ -terpineno e β -pineno, com variação somente no percentual desses compostos químicos (VERZERA et al., 2003).

2.4. A cultura do coqueiro

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) pertence à família Arecaceae, possui o sistema radicular fasciculado, caule tipo estirpe não ramificado e muito resistente. As folhas do coqueiro são do tipo penada que medem de 4-6m de comprimento e podem conter 300 folíolos de até 1,3m e apresentam inflorescência monóica (PASSOS, 1998).

O coco compreende um epicarpo, que é a casca externa do fruto; um mesocarpo, que é pesado, fibroso e tem uso industrial e um endocarpo que é o núcleo escuro e duro, que por dentro tem o albúmen sólido branco quando o fruto está maduro e quando o fruto é jovem o albúmen é líquido, também denominado de água de coco, com característica doce, espessa e ligeiramente ácido (PASSOS, 1998 e ANDRADE et al., 2004).

Presente em diversos países, a cultura do coqueiro, ocupa uma área de cultivo de 12,20 milhões de hectares com destaque para Filipinas (29,30%), Indonésia (25,52%), Índia (17,72%), Tanzânia (6,02%), Sri Lanka (3,36%) e Brasil (1,92%) (FAOSTAT, 2018). No Brasil, o Nordeste atingiu 74,0% da produção nacional de coco (BRAINER, 2018), e no estado de Sergipe a produção de coco teve uma área de produção de 25.924 ha em 2018 (IBGE, 2018). Sendo assim, o cultivo de coco representa uma cultura de grande importância socioeconômica para a região (CUENCA, 2016). Dessa cultura pode-se obter vários produtos como óleo de coco extra virgem, leite de coco, coco

ralado integral e desnatado, água de coco, palmito, dentre outros (SILVA E MANOS, 2018). Os seus subprodutos, casca do coco e produção de fibras, são utilizados no artesanato e indústria (FONTES e WANDERLEY, 2006).

A cocoicultura ainda sofre com ataques de pragas e doenças que são responsáveis por perdas consideráveis na produção, pois afetam seu desenvolvimento, crescimento e reprodução (FERREIRA, 2008). Dentre as principais pragas, pode-se citar a broca-do-estipe *Rhinostomus barhirostris* Fabricius, a broca-do-pedúnculo-floral *Homalinotus coriaceus* Gyllenhal e *H. depressus* L., a broca-da-ráquis-foliar *Amerrhinus ynca* Sahlberg, a broca-do-olho *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), a lagarta-das-folhas *Brassolis sophorae* L. (Lepidoptera: Nymphalidae), a traça-das-flores-e-dos- frutos-novos *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). Além dos insetos, os ácaros promovem prejuízos significativos à produção do coco como o ácaro-vermelho *Tetranychus mexicanus* McGregor (Acari: Tetranychidae), ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raioella indica* Hirt (Acari: Tenuipalpidae), ácaro-da-mancha-longitudinal *Steneotarsonemus furcatus* (Acari: Tarsonemidae), ácaro-da-mancha-anelar *Amerinus cocofolius* Flechtmann (Acari: Eriophyidae) e um dos mais importantes, considerado praga chave do coqueiro, o ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) (FERREIRA e MICHEREFF FILHO, 2018).

2.5. Ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae)

Aceria guerreronis é uma praga amplamente distribuída em coqueirais da Ásia, África e América e causa perdas consideráveis à produção. O ácaro-da-necrose foi descrito pela primeira vez em 1965 a partir de espécimes obtidos do estado de Guerrero, no México (KEIFER, 1965). No Brasil, os danos causados pela sua presença foram relatados em 1953 pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco, quando se observou necrose no meristema e morte de plantas jovens (AQUINO e ARRUDA, 1967). Ácaros eriofídeos têm faixa restrita de hospedeiros (LINDQUIST e OLDFIELD, 1996) e muitos desses grupos coexistem com seu hospedeiro sem causar sérios danos. Porém, uma associação entre *A. guerreronis* e *C. nucifera*, leva a hipótese que esse fitófago mudou de hospedeiro original depois que o coqueiro passou a ser extensivamente cultivado (MOORE e HOWARD, 1996).

Aceria guerreronis possui o corpo alongado, vermiforme, coloração branco leitosa para levemente amarelada e dois pares de pernas (Figura 1A) (MOORE e

HOWARD, 1996; MICHEREFF FILHO et al., 2008; DE MORAES e FLECHTMANN, 2008). As fêmeas adultas de *A. guerreronis* podem variar de 205 a 255 µm de comprimento e com 36 a 52 µm de largura (KEIFER, 1965). Os ovos são pequenos, brancos e redondos. O ácaro desenvolve todo seu ciclo biológico sob as brácteas, na zona meristemática de frutos jovens. O desenvolvimento do *A. guerreronis*, do ovo para o adulto, varia de acordo com a temperatura, assim 30,5, 16,0, 11,5, 8,1 e 6,8 dias para 15, 20, 25, 30 e 35°C respectivamente (ANSALONI e PERRING, 2004). Por suportar altas temperaturas e baixa pluviosidade, *A. guerreronis* é muito adaptado às condições do Nordeste do Brasil (FLECHTMANN, 1983). As fêmeas fertilizadas são capazes de depositar 51 ovos em 43 dias e as não fertilizadas deixam apenas descendentes machos, indicando ser uma espécie arrenótoca (ANSALONI e PERRING, 2004). Semelhante a outros eriofídios, a fase imatura do ácaro-da-necrose inclui ovo, larva e ninfa (MANSON e OLDFIELD, 1996; SOBHA e HAQ, 2011).

A dispersão de *A. guerreronis* ocorre de forma ativa e passiva, sendo que a ativa envolve a migração voluntária de fêmeas inseminadas em busca de novos tecidos hospedeiros ou plantas hospedeiras para formação de novas colônias (NAVIA et al., 2013). Essas fêmeas migram do fruto para as inflorescências do coqueiro, quando são dispersadas principalmente de forma passiva pelo vento e uma vez estabelecidas em uma nova planta hospedeira, passarão a se alimentar da epiderme dos frutos novos (GALVÃO et al., 2012; NAIR et al., 2005; MOORE e HOWARD, 1996).

Aceria guerreronis provoca cloroses triangulares e a medida que o fruto se desenvolve tornam-se marrons, coalescem e aumentam de tamanho. Também é possível observar rachaduras longitudinais, necrose do tecido meristemático, deformação do fruto e produção de exsudato (Figura 1B). Ataques severos nos frutos causam queda prematura, redução de tamanho, perda de peso, redução no volume de água e deformações que reduzem a produtividade da cultura (NAVIA et al., 2013). O ácaro é capaz de reduzir de 15 a 33% o peso da copra (ROSAS et al., 1992; RETHINAM et al., 2003) e em altas densidades, reduzir de 50 até 66% o tamanho do fruto e do albúmen (MARIAU et al., 1981; RAMAJARU et al., 2005), depreciando o valor comercial do fruto.

Por causa da localização das colônias, o controle do ácaro é ineficiente (LIMA et al., 2012). O efeito dos produtos para controle ocorre no momento da dispersão, quando o ácaro entra em contato com os resíduos dos acaricidas na epiderme do fruto (SILVA et al., 2013). Dessa forma, são necessárias aplicações frequentes (mensalmente ou

intervalos menores) de agrotóxicos para o controle do ácaro-da-necrose, o que aumenta os custos de controle e pode elevar os riscos de contaminação dos agroecossistemas, acarretar problemas de saúde nos seres humanos, provocar surtos de outras pragas primárias e secundárias e eliminar inimigos naturais (REIS et al., 2008; TEODORO et al., 2009; GEIGER et al., 2011). Estudos são realizados com o objetivo de encontrar produtos que sejam capazes de reduzir a população e dispersão do ácaro-da-necrose, ao mesmo tempo que sejam menos prejudiciais aos agroecossistemas e aos seres vivos.



Figura 1. Imagem da colônia de *A. guerreronis* (A) Foto: Vasconcelos, J.F (2019). Dano no coco causado pelo ataque de *A. guerreronis* (B) Foto: Teodoro, A.V. (2013).

2.6. Ácaro predador *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae)

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são os mais utilizados para o controle biológico porque apresentam eficiência na regulação de populações de ácaros fitófagos em várias culturas (MCMURTRY e CROFT, 1997). O controle biológico realizado de forma natural em agroecossistemas é essencial para manter populações de ácaros fitófagos em baixa densidade e se apresenta como uma estratégia positiva no controle de pragas, pois não prejudica a saúde humana e não provoca a resistência de pragas (MCMURTRY, 1992; MCMURTRY E CROFT 1997; SARMENTO et al., 2011; GURR et al., 2011).

O ácaro *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* Denmark e Muma (Acari: Phytoseiidae) preda artrópodes fitófagos e se alimenta de néctar e pólen (Figura 2) (MCMURTRY et al., 2013; MORAES, 2002). Este ácaro está presente na região nordeste do Brasil, forrageando áreas de coqueirais (NAVIA et al., 2005; REIS et al., 2008) e se alimenta de *A. guerreronis* a nível de laboratório (FREITAS et al., 2018). Ácaros fitoseídeos possuem um desenvolvimento rápido, alta habilidade de forrageamento e persistência em áreas com baixa infestação de presas (SAWAR et al., 2011). No entanto, é importante avaliar a suscetibilidade desses predadores com os produtos usados no controle de pragas, a exemplo dos OEs.



Figura 2. Imagem do ácaro predador *Typhlodromus ornatus*. Foto: Silva, M.J.S. (2013).

3. Referências bibliográficas

- ABBAS, F.; KE, Y.; YU, R. Volatile terpenoids: multiple functions, biosynthesis, modulation and manipulation by genetic engineering. **Planta**, v. 246, p. 803–816, 2017.
- AGUSTÍ, M. F. Patrones, in Citricultura. **Mundi-Prensa**. Madrid, ed. 2^a. p. 331–349, 2003.
- AQUINO, M. L. N.; ARRUDA, G. P. Agente causal da “necrose-do-olho-coqueiro” em Pernambuco. Recife, IPA, 33p. (Boletim técnico, 27), 1967.
- ALQUÉZAR, B.; RODRÍGUEZ, A.; LA PEÑA, M.; PEÑA, L. Genomic analysis of terpene synthase family and functional characterization of seven sesquiterpene synthases from *Citrus sinensis*. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1481, 2017.
- ALMEIDA, C. O.; PASSOS, O. S. Citricultura brasileira em busca de novos rumos Desafios e oportunidades na região Nordeste. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011.
- ANDRADE, A. M.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. C.; OLIVEIRA, L. B.; VIDAURRE, G. B.; ROCH, J. D. S. Pirólise de resíduos de coco-da-baía (*Cocos nucifera* Linn) e análise de carvão vegetal. **Revista Árvore**, v. 28, p. 707–711, 2004.
- ANSALONI, T., PERRING, T. M. Biology of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) on queen palm, *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae). **International Journal of Acarology** v. 30, p. 63–70, 2004.
- ARAÚJO-JÚNIOR, C. P.; CAMARA, C. A. G.; NEVESA, I. A.; RIBEIRO, N. C.; GOMES, C. A.; DE MORAES, M. M.; BOTELHO, P. S. Acaricidal Activity against *Tetranychus urticae* and Chemical Composition of Peel Essential Oils of Three Citrus Species Cultivated in NE Brazil. **Natural Product Communications**, v. 5, p. 471-476, 2010.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils—a review. **Food and Chemical Toxicol**, v. 46, p. 446-475, 2008.

BEHZAD, B. D.; ABDOLHOSSEIN, R.; ALIZERA, T.; AHMAD, K.; KAMBIS, L.; BEHROUZ, G.; ENAYAT, H.; RAHIM, T. The Effects of Rootstock on the Volatile Flavour Components of Page Mandarin [(*C.Reticulata* var dancy × *C.Paradisi* var dancan) × *C.Clemantina*] Juice and Peel. **Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering**, v. 28, n. 02, p. 99-111, 2009.

BENELLI, G.; PAVELA, R.; GIORDANI, C.; CASETTARI, L.; CURZI, G.; CAPPELLACCI, L.; PETRELLI, R.; MAGGI, F. Acute and sub-lethal toxicity of eight essential oils of commercial interest against the filariasis mosquito *Culex quinquefasciatus* and the housefly *Musca domestica*. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 668–680, 2018.

BENELLI, G. Plant-borne ovicides in the fight against mosquito vectors of medical and veterinary importance: a systematic review. **Parasitology Research**, v. 114, p. 3201-3212, 2015.

BITTERS, W. P.; SOCRA, R. W. The influence of Citrus rootstocks upon the volatile rind oil content of valencia Orange (*Citrus sinensis* Osbeck). **Botanical Gazette**, v. 131, p. 105-109, 1970.

BRAINER, M. S. DE, C. Produção de coco: O Nordeste é destaque nacional. **Caderno Setorial ETENE**, n. 61, p. 1-17, 2018.

BRITO, J. P.; OLIVEIRA, J. E. M.; BORTOLI, S. A. Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr. 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 1, p. 96-103, 2006.

CAMARA, C. A. G.; AKHATAR, Y.; ISMAN, M. B.; SEFFRIN, R. C.; BORN, F. S. Repellent activity of essential oils from two species of *Citrus* against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v. 74, p. 110–115, 2015.

CAMPOLO, O.; CHERIF, A.; RICUPERO, M.; SISCARO, G.; GRISSA-LEBDI, K.; RUSSO, A.; CUCCI, L. M.; DI PIETRO, P.; SATRIANO, C.; DESNEUX, N.; BIONDI, A.; ZAPPALÀ, L.; PALMERI, V. Citrus peel essential oil nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta*: chemical properties and biological activity. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 13036, 2017.

CANO, B.; BERMEJO, A. Influence of rootstock and cultivar on bioactive compounds in citrus peels. **Journal Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 1702-1711, 2011.

CARVALHO, H. W. L. DE.; TEODORO, A. V.; BARROS, I,DE.; CARVALHO, L. M,DE.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; PINTO-ZEVALLOS, D. M. Rootstock-related improved performance of ‘Pera’ sweet orange under rainfed conditions of Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 1-5, 2020.

CARVALHO, L. M. DE; CARVALHO, H. W. L. DE; BARROS, I.; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. S. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S. New scion-rootstock

combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils. **Scientia Horticultutae**, v. 243, p. 169–176, 2019.

CARVALHO, H. W. L. DE.; MARTINS, C. R.; TEODORO, A. V.; SOARES FILHO, W, DOS, S.; PASSOS, O. S. Agronomical performance of ‘Piemonte’ mandarin grafted on several rootstocks in the Brazilian Coastal Tablelands. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1830–1838, 2016.

CASTILHOS, R. V; GRÜTZMACHER, A. D.; COATS, J. R. Acute toxicity and sublethal effects of terpenoids and essential oils on the predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 2, p. 311–317, 2018.

CASTLE, W. S.; BALDWIN, J. C.; MURARO, R. P.; LITTELL, R. Performance of ‘Valencia’ sweet orange trees on 12 rootstocks at two locations and an economic interpretation as a basis for rootstock selection. **Horticultural Science**, v, 45, p. 523–533. 2010.

CHANG, C. L.; CHO, I. K.; LI, Q. X. Insecticidal activity of basil oil, trans-anethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*. **Journal of Economic Entomology**, v. 102, p. 203–209, 2009.

CHEN, Y.; WU, J.; XU, Y.; FU, M.; XIAO, G. Effect of Second Cooling on the Chemical Components of Essential Oils from Orange Peel (*Citrus sinensis*). **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 35, p. 8786-8790, 2014.

CHOI, W. I.; LEE, S. G.; PARK, H. M.; AHN, Y. J. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 2, p. 553–558, 2004.

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

CUENCA, M. A. G. Importância econômica da cocoicultura no Brasil. In: MARTINS, C. R. et al. A cultura do coqueiro. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2ed, 54p, 2016.

DE MOARES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. Manual de acarologia, acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas do Brasil. **Holos**, Ribeirão Preto, p. 308, 2008.

DUGO, G.; DI GIACOMO, A. **Citrus: the genus citrus**. 1ed. London: CRC Press, 2002.

DUTRA, K. A. OLIVEIRA, J. V.; NAVARRO, D. M. A. F.; BARBOSA, D. R. E S.; SANTOS, J. P. O. Control of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in *Vigna unguiculata* (L.) WALP. with essential oils from four Citrus spp. plants. **Journal of Stored Products Research**, v. 68, n. 1, p. 25–32, 2016.

EUR. PHARMACOP. COMM. **European Pharmacopoeia**. Strasbourg, Fr.: EDQM, 6ed, 2008.

FARIAS, A. P.; SANTOS, M. C.; JUMBO, L. O. V.; OLIVEIRA, E. E.; NOGUEIRA, P. C. L.; SENA FILHO, J. G.; TEODORO, A. V. Citrus essential oils control the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa*, and induce higherpredatory responses bythe lacewing *Ceraeochrysa caligata*. **Industrial Crops and Products**, v. 145, p. 112-151, 2020.

FAOSTAT. (2018). Food and agriculture organization of the United Nations. Production quantities of coconuts by country. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 28 nov. 2019.

FAO. (2018). Food and Agricultural Organizacion of the United Nations - statistics Database. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

FERREIRA, J. M. S.; MICHEREFF FILHO, M. Pragas e métodos de controle. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. A cultura do coqueiro no Brasil. 3ed. Brasília-DF, Embrapa, 508p, 2018.

FERREIRA, J. M. S. Manejo integrado de pragas do coqueiro. **Ciência Agrícola**, v. 8, p. 21-29, 2008.

FERRONATTO, A. N.; ROSSI, R. C. Extraction and application of orange peel essential oil as a natural ingredient. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 12, p. 78-93, 2018.

FLECHTMANN, C. H. W. Ácaros de importância agrícola. Nobel, 189p, 1983.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. Situação atual e perspectiva para a cultura do coqueiro no Brasil. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, v. 94, p. 16, 2006.

FREITAS, G. S. DE.; SANTOS, M. C. DOS.; LIRA, V. DE. A.; GALVÃO, A. S.; OLIVEIRA, E. E.; SENA FILHO, J. G. DE.; TEODORO, A. V. Acute and non-lethal effects of coconut oil on predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, p. 1333–1341, 2018.

GALVÃO, A. S.; MELO, J. W. S.; MONTEIRO, V. B.; LIMA, D. B.; MORAES, G. J.; GONDIM Jr., M. G. C. Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. **Experiental and Applied Acarology**, v. 57, p. 1–13, 2012.

GEIGER, F.; BENGTTSSON, J.; WOLFGANG, W.; BERENDSE, F.; MORALES, B.M.; CERYNGIER. P. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, p. 97-105, 2011.

GOMES, M. S.; CARDOSO, M. G.; MACHADO, S. M. F.; MALLET, A. C. T.; MIRANDA, C. A. S. F.; ANDRADE, J., SILVA, L.F., TEIXEIRA, M. L. Caracterização química do óleo essencial extraído das cascas de laranja e atividade antioxidante utilizando dois métodos de análise. 50º Congresso Brasileiro de Química. Cuiabá, MT. 2010.

GONZÁLEZ-MAS, M. C.; RAMBLA, J. L.; ALAMAR, M. C.; GUTIÉRREZ, A.; GRANELL, A. Comparative analysis of the volatile fraction of fruit juice from different Citrus Species. **PLoS ONE**, v. 6, n. 7, p. 22016; 2011.

GUNN, B. F.; BAUDOUIN, L.; OLSEN, K. M. Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in the old world tropics. **PLoS ONE**, v. 06, p. 21143, 2011.

GUPTA, A.; UPADHYAY, R. K.; SAXENA, P. N. Toxicity evaluation of certain blood biochemical parameters in *Passer domesticus* (Linn.). **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 60, p. 668-674, 2001.

GURR, G. M.; LIU, J.; READ, D. M. Y.; CATINDIG, J. L. A.; CHENG, J. A.; LAN, L. P.; HEONG, K. L. Parasitoids of Asian rice planthopper (Hemiptera: Delphacidae) pests and prospects for enhancing biological control by ecological engineering. **Annals of Applied Biology**, v. 158, p. 149–176, 2011.

HOSNI, K.; ZAHED, N.; CHRIF, R.; ABID, I.; MEDFEI, W.; KALLEL, M. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence. **Food Chemistry**, v. 123, p. 1098-1104. 2010.

IBGE. (2019). INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Produção agrícola mundial. Disponível em: <https://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisa>. Acesso em: 05 mar. 2020.

IBGE. (2018). INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Produção agrícola permanente. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/pesquisa/15/0?indicador=11930>. Acesso em: 05 mar. 2020.

IBGE. (2018). INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Produção agrícola municipal - SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

ISMAN, M.B. Bridging the gap: moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 10–14, 2017.

ISMAN, M. B. A renaissance for botanical insecticides? **Pest Management Science**, v. 71, n. 12, p. 1587–1590, 2015.

JABALPURWALA, F.A.; SMOOT, J.M.; ROUSEFF, R.L. A comparison of citrus blossom volatiles. **Phytochemistry**, v. 70, p. 1428-1434, 2009.

JESSER, E. N.; WERDIN-GONZÁLEZ, J. O.; MURRAY, A. P.; FERRERO, A. A. Efficacy of essential oils to control the indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, p. 1122–1129, 2017.

JING, L.; LEI, Z.; LI, L.; XIE, R.; XI, R.; XI, W.; GUAN, Y.; SUMNER, L.W.; ZHOW, Z. Antifungal Activity of Citrus Essential Oils. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 62, p. 3011-3033, 2014.

JUMBO, L. O. V.; FARONI, L. R. A.; OLIVEIRA, E. E.; PIMENTEL, M. A.; SILVA, G.N. Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the beanweevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. **Industrial Crops and Products**, v. 56, p. 27–34, 2014.

KHANI, A.; ASGHARI, J. Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia*, *Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum*, and the cowpea weevil. **Journal of Insect Science** (Online), v. 12, p. 73, 2012.

KEIFER, H. H. Eriophyid studies B-14. **Department of Agriculture Bureau of Entomology**, p. 20. 1965.

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

LIMA, D. B.; MELO, J. W. S.; GONDIM JR, M. G. C.; DE MORAES, G. J. Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 56, p. 233-246, 2012.

LINDQUIST, E. E.; OLDFIELD, G. N. Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plants. **World Crop Pests**, v. 06, p. 277-300, 1996.

MAHATO, N.; SHARMA, K.; KOTESWARARAO, R.; SINHA, M.; BARAL, E.; CHO, M.H. Citrus essential oils: Extraction, authentication and application in food preservation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1–15, 2017.

MANSON, D. C. M.; OLDFIELD, G. N. Life forms, deuteroyny, diapauses and seasonal development. In: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. **World Crop Pests**, p. 173–183, 1996.

MARIAU, D.; DESMANIER de CHENON, R.; JULIA, J. F.; PHILIPPE, R. Les ravageurs du palmier à huile et du cocotier en Afrique Occidentale. **Oléagineux**, v. 36, p.169-228, 1981.

MARTINS, G. D. S. O.; ZAGO, H. B.; COSTA, A. V.; ARAÚJO JUNIOR, L. M. D.; CARVALHO, J. R. D. Chemical composition and toxicity of citrus essential oils on *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Caatinga**, v. 30, p. 811-817, 2017.

MARTINS, C.R.; JESUS JÚNIOR, L.A. Evolução da produção de coco no Brasil e o Comércio Internacional. Panorama 2010. EMBRAPA. Tabuleiros Costeiros, v. 164, p. 32, 2011.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. Plantas Medicinais. Viçosa: UFV. 220p. 2000

MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J. D.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, v. 18, p. 297–320, 2013.

MCMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, v. 42, p.291-321, 1997.

MCMURTRY, J. A. Dynamics and potential impact of “generalista” phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. **Experimental & Applied Acarology**, v.14, p. 371-382, 1992.

MICHEREFF FILHO, M.; SOBRAL, L. F.; FERREIRA, J. M. S.; RODRIGUES, A. R. S.; MICHEREFF, M. F. F. Adubação química, ataque do ácaro *Aceria guerreronis* e produtividade do coqueiro ‘Anão-Verde’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.303-308, 2008.

MISRA, G.; PAVLOSTATHIS, S. G.; PERDUE, E. M.; ARAUJO, R. Aerobic biodegradation of selected monoterpenes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 45, n. 6, p. 831–8, 1996.

MOORE, D.; HOWARD, F. W. Eriophyoid mites: Their biology, natural enemies and control. **Elsevier Science**, p. 561-570, 1996.

MORAES, G. J. Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In: PARRA J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S (eds.). Controle biológico: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, v. 4, p.225-237, 2002.

MURUGAN, K.; KUMAR, P. M.; KOVENDAN, K.; AMERASAN, D.; SUBRMANIAM, J.; HWANG, J. S. Larvicidal, pupicidal, repellent and adulticidal activity of Citrus sinensis orange peel extract against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 111, p. 1757–1769, 2012.

NAIR, C. P. R.; RAJAN, P.; MOHAN, C. Coconut Eriophyd mite *Aceria guerreronis* Keifer – An Overview. **Indian Journal of Plant Protection**, v. 33, n. 01, p. 1-10, 2005.

NAVIA, D.; GONDIM JR., M. G. C.; ARATCHIGE, N. S.; MORAES, G. J. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. **Experimental and Applied Acarology**, v. 59, p. 67–94, 2013.

NANNAPANENI, R.; CHALOVA, V.I.; CRANDALL, P.G.; RICKE, S.C.; JOHNSON, M.G.; O'BRYAN, C.A. *Campylobacter* and *Arcobacter* species sensitivity to commercial orange oil fractions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 129, p. 43-49, 2009.

NAVIA, D.; MORAES, G. J.; LOFEGO, A. C.; FLECHTMANN, C. H. W. Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 349–354, 2005.

NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. **Experimental and Applied Acarology**, v. 55, p. 361–337, 2011.

OLIVEIRA, D. C.; MORAES, G. J.; DIAS, C. T. S. Status of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) as a pest of coconut in the state of São Paulo, Southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 41, p. 315-323, 2012.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W. S.; MELLO, A. V.; DIDONET, J.; PORTELLA, A. C. F.; NASCIMENTO, I. R. Toxicity of essential oils of eucalyptus and citronella on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 609-618, 2011.

PALAZZOLO, E.; LAUDICINA, V. A.; GERMANÀ, M. A. Current and Potential Use of Citrus Essential Oils. **Current Organic Chemistry**, v. 17, n. 24, p. 3042-3049, 2013.

PAPANASTASIOU, S. A.; BALI, E.-M. D.; IOANNOU, C. S.; PAPACHRISTOS, D. P.; ZARPAS, K. D.; PAPADOPOULOS, N. T. Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitidis capitata*). **PloSOne**, v. 5, p. 1-12, 2017.

PASSOS, E. E. M. Morfologia do coqueiro. A cultura do coqueiro no Brasil. 2ed . Brasília: Embrapa - Serviço de Produção de Informação. 1998.

PASSOS, O. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P.; SOARES FILHO, W. S. Cultivares copa. In: CUNHA SOBRINHO, A. P. et al. (Eds.). Cultura dos citros. 1ed. Brasília, DF: EMBRAPA, p. 293–319, 2013.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016.

PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects –a review. **Plant Protection Science**, v. 52, p. 229–241, 2016.

PAVELA, R. Insecticidal properties of Pimpinella anisum essential oils against the *Culex quinquefasciatus* and the non-target organism *Daphnia magna*. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 17, p. 287–293, 2014.

PLATA-RUEDA, A.; CAMPOS, J. M.; SILVA ROLIM, G.; MARTÍNEZ, L. C.; SANTOS, M. H.; FERNANDES, F. L.; ZANUNCIO, J. C. Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 156, p. 263–270, 2018.

PINTO-ZEVALLOS, D.M.; MARTINS, C.B.; PELLEGRINO, A.C.; ZARBIN, P.H. Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, v. 36, p. 1395-1405, 2013.
POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUEZ, O., VIEGAS, F.C.P., POMPEU JÚNIOR, J. Citricultura brasileira. **Fundação Cargill**, v.1, 2ed, p. 265-280, 1991.

RAMARAJU, K.; PALANISWAMY, S.; ANNAKODI, P.; VARADARAJAN, M. K., MUTHUKUMAR, M.; BHASKARAN, V. Impact of coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* K. (Acari: Eriophyidae) on the yield parameters of coconut. **Indian Coconut Journal**, v. 25, p. 12-15, 2005.

REIS, A. C.; GONDIM Jr.; M. G. C.; MORAES, G. J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P.; LAWSON-BALAGBO, L. E.; BARROS, R. Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 457–462, 2008.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: lowrisk products in a high-stakes world. **Annual Review of Entomology**, v. 57, p. 405–424, 2012.

RETHINAM, P.; SINGH, H. P.; VIJAYAKUMAR, H.; GOPALAKRISHNAN R. 2003. Eriophyid mite in coconut. Índia. **Coconut Development Board**, p. 146, 2003.

REZENDE, D.; MELO, J. W. S.; OLIVEIRA, J. E.; GONDIM, M. G. C. Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. **Experimental and Applied Acarology**, v. 69, p. 297–310, 2016.

RIBEIRO, R. C.; ZANUNCIO, T. V.; RAMALHO, F. S.; SILVA, C. A. D.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 139–143, 2015.

RODRIGUES, M. J. DA S.; ANDRADE NETO, R. DE C.; ARAÚJO NETO, S. E. DE.; SOARES FILHO, W. DOS S.; GIRARDI, E. A.; LESSA, L. S.; ALMEIDA, U. O. DE. Performance of 'Valência' sweet orange grafted onto rootstocks in the state of Acre, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 1349, 2019.

RODRIGUES, G.S.; MARTINS, C.R.; BARROS, I. Sustainability assessment of ecological intensification practices in coconut production. **Agricultural Systems**, v. 165, p.71–84, 2018.

ROSAS, L. S.; ACEVEDO, J. L. R.; BARAJA, R. B. Valoración del dano causado por Eriophyes (*Aceria*) *guerreronis* a una huerta de palma de coco (*Cocos nucifera*) donde se aplico *Hirsutella thompsonii*. In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE LOS ACAROS Y OTRAS PLAGAS DEL COCOTERO Y SUS POSSIBLES METODOS DE LUCHA, 1., 1992, Guantanamo. Resumenes... Cuba: Centro de Informacion y Documentación Agropecuario del Instituto de Investigaciones de Citricos y Otros Frutales, p.266. 1992.

SAAD, K. A.; IDRIS, A. B.; MOHAMAD-ROFF, M. N. Toxic, repellent, and deterrent effects of citronella essential oil on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on chili plants. **Journal of Entomological Science**, v.52, p.16-52, 2017.

SANTOS, M. C.; TEODORO, A. V.; MENEZES, M. S.; PINTO-ZEVALLOS, D. M.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; OLIVEIRA, E. M. C.; SAMPAIO, T. S.; FARIAS, A. P.;

COELHO, C.R.; BLANK, A. F. Bioactivity of essential oil from *Lippia gracilis* Schauer against two major coconut pest mites and toxicity to a non-target predator. **Crop Protection**, v. 125, p. 1-6, 2019.

SARMENTO, R. A.; RODRIGUES, D. M. R.; FARAJI, F.; ERASMO, E. A. L.; LEMOS, F.; TEODORO, A.V.; KIKUCHI, W. T.; DOS SANTOS, G. R.; PALLINI, A. Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 53, p. 203-214, 2011.

SARROU, E.; CHATZOPOULOU, P.; DIMASSI-THERIOU, K.; THERIOS, I. Volatile constituents and antioxidant activity of peel, flowers and leaf oils of *Citrus aurantium* L. growing in Greece. **Molecules**, v. 18, p. 10639–10647, 2013.

SARWAR, M.; XUENONG, X.; ENDONG, W.; KONGMING, W. The potential of four mite species (Acari: Phytoseiidae) as predators of sucking pests on protected cucumber (*Cucumis sativus* L.) crop. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 1, p. 73-78, 2011.

SILVA, R. R.; TEODORO, A. V.; MARTINS, C. R.; CARVALHO, H. W. L.; SILVA, S. S.; FARIAS, A. P.; GUZZO, E. C. Seasonal variation of pest mite population in relation to citrus scion cultivars in northeastern Brazil. **Acta Agronômica**, v. 66, p. 290–295, 2017.

SILVA, R. R. DA.; TEODORO, A. V.; Vasconcelos, J. F.; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. dos S.; CARVALHO, H. W. L. de.; GUZZO, E. C. Citrus rootstocks influence the population densities of pest mites. **Ciência Rural**, v.46, p.1-6, 2016.

SILVA, V. F.; FRANÇA, G. V.; MELO, J. W. S.; GONDIM JR, M. G. C. Brácteas de frutos de coco como fator limitante a ação de acaricidas sobre *Aceria guerreronis* Keifer. **IV Simpósio Brasileiro de Acarologia**. Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. 2013.

SILVA, B. G. J; MANOS, M. G. L. Estudos prospectivo de mercado e identificação de tendências da agroindústria na comercialização de produtos e subprodutos do coqueiro. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1099683/1/Estudo.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SIRIPORN, P.; MAYURA, S. Insect repellent activity of medicinal plants oils against *Aedes aegypti* (Linn), *Anopheles minimus* (Theobald) and *Culex quinquefasciatus* Say based on protection time and biting rate. **Journal Tropical Medical Public Health**, v. 41, p. 831-840, 2010.

SOBHA, T. R.; HAQ, M. A. Postembryonic development of the coconut mite, *Aceria guerreronis*, on coconut in Kerala, India. **Zoosymposia**, v.6, p.68-71, 2011.

SOUSA, A. H.; SILVA, R. M. A.; MOURA, A. M. N.; ANDRADE, W. G. Bioactivity of vegetal powders against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in caupi

bean and seed physiological analysis. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 2, p. 1-6, 2005.

STROH, J.; WAN, M. T.; ISMAN, M. B.; MOUL, D. J. Evaluation of the acute toxicity to juvenile pacific coho salmon and rainbow trout of some plant essential oils, formulated product, and the carrier. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 60, n. 6, p. 923–930, 1998.

TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 786-792, 2017.

TEIXEIRA, L. A. J.; BATAGLIA, O. C.; BUZETTI, S.; FURLANI JUNIOR, E.; ISEPON, J. S. Adubação com NPK em coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera* L.) rendimento e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 120-123, 2005.

TEODORO, A. V.; PALLINI, A.; OLIVEIRA, C. Sub-lethal effects of fenbutatin oxide on prey location by the predatory mite *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 47, p. 293- 299, 2009.

THOMSON, W. W.; PLATT-ALOIA, K. A.; ENDRESS, A. G. Ultrastructure of oil gland development in the leaf of *Citrus sinensis* L. **Botanical Gazette**, v. 137, p. 330-340, 1976.

TOMI, F.; BARZALONA, M.; CASANOVA, J.; LURO, F. Chemical variability of the leaf oil of 113 hybrids from *Citrus clementina* (Commun) x *Citrus deliciosa* (Willow Leaf). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 23, p. 152–163, 2008.

TRANCHIDA, P. Q.; BONACCORSI, I.; DUGO, P.; MONDELLO, L.; DUGO, G. Analysis of Citrus essential oils: state of the art and future perspectives. A review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 27, p. 98–123, 2012.

VERZERA, A.; TROZZI, A.; GAZEA, F.; CICCARELLO, G.; COTRONEO, A. Effects of rootstock on the composition of bergamot (*Citrus bergamia* Risso et Poiteau) essential oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 206-210, 2003.

WAGAN, T. A.; CAI, W.; HUA, H. Repellency, toxicity, and anti-oviposition of essential oil of *Gardenia jasminoides* and its four major chemical components against whiteflies and mites. **Scientific Reports**, v. 8, n. 9375, 2018.

WEAVER, D.K.; DUBKEL, F.V.; NETZUBUBANZA, L.; JACKSON, L.L.; STOCK, D.T. 1991. The efficacy of linalool, a major component of freshly milled *Ocimum canum* Sim (Lamiaceae) for protection against post-harvest damage by certain stored Coleoptera. **Journal of Stored Products Research**, v. 27, p. 213–270. 1991.

Capítulo 2

Análise química dos compostos voláteis da laranjeira ‘Pera’ em diferentes porta-enxertos: bioatividade a *Aceria guerreronis* e compatibilidade com o predador

Typhlodromus ornatus

Manuscrito escrito de acordo com a revista ‘Industrial Crops and Products’

Resumo

Os óleos essenciais (OEs) cítricos são reconhecidos por possuírem bioatividade e potencialidade no manejo a artrópodes fitófagos. Este trabalho objetivou conhecer a composição química do OE extraído das folhas da copa de laranjeira ‘Pera’ enxertada nos porta-enxertos HTR-051, limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, limoeiro ‘Rugoso Vermelho’, citrandarin ‘Riverside’, HTR-058, tangeleiro ‘Orlando’, citrandarin ‘San Diego’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, citrandarin ‘Índio’ e limoeiro ‘Cravo’. Ademais, avaliou a sua bioatividade ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* e sua compatibilidade ao inimigo natural *T. ornatus*. O perfil químico dos OEs revelou apenas variações quantitativas: sabineno (30,47-34,17%) componente majoritário, seguido do δ -3-careno (7,78-12,4%) e (*E*)- β -ocimeno (8,04-10,46%). O OE extraído das folhas da combinação laranjeira ‘Pera’ x limoeiro ‘Cravo’ foi selecionado para avaliar a toxicidade letal ao ácaro-da-necrose e avaliar a compatibilidade ao ácaro predador. A seleção do óleo foi embasada na combinação do enxerto e porta-enxerto ser amplamente cultivado no polo citrícola da Bahia e Sergipe. Foram determinadas as CL₅₀ (4,28 mg/mL) e CL₈₀ (10,39 mg/mL) para *A. guerreronis*, porém estas mesmas CLs não afetou o *T. ornatus*. A CL₈₀ do OE não repeliu *A. guerreronis* e provocou toxidade no ácaro fitófago apenas nas primeiras horas de exposição (<3h). Além disso, essa concentração não afetou a taxa de crescimento instantâneo para *T. ornatus* que foi positiva ao longo de 10 dias de exposição ao óleo. Portanto, OE extraído das folhas laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ possui potencial para manejo a *A. guerreronis* e é compatível ao inimigo natural *T. ornatus*.

Palavras-chave: óleo essencial, manejo sustentável, biopesticida, efeitos subletais, seletividade.

Abstract

Citrus essential oils (OEs) are recognized for their bioactivity and potential in handling phytophagous arthropods. This work aimed to know the chemical composition of OE extracted from the leaves of the 'Pera' sweet orange grafted on the rootstocks trifoliolate hybrid HTR-051, 'Santa Cruz' Rangpur lime, 'Red Rough' lemon, citrandarin 'Riverside', HTR-058, 'Orlando' Tangelo, citrandarin 'San Diego', 'Sunki Tropical' Mandarin, citrandarin 'Indio' and 'Rangpur' lime. In addition, it sought to assess its bioactivity to the coconut mite *A. guerreronis* and its compatibility with the natural enemy *T. ornatus*. The chemical profile of OEs revealed only quantitative variations: sabinene (30,47-34,17%) major component, followed by δ -3-carene (7,78-12,4 %) and (E) - β -ocimene (8,04-10,46%). The EO extracted from leaves of 'Pera' sweet orange grafted on 'Rangpur' lime was selected to assess the lethal toxicity to coconut mite and to evaluate the compatibility of this EO with the predatory mite. This oil was selected because these combination scion – rootstock is widely cultivated in the study region. The LC₅₀ (4,28 mg / mL) and CL₈₀ (10,39 mg / mL) were estimated for *A. guerreronis*, but these same CLs did not affect *T. ornatus*. The LC₈₀ of the OE did not repel *A. guerreronis* and caused toxicity in the phytophagous mite only in the first hours of exposure (<3h). In addition, this concentration did not affect the instantaneous growth rate for *T. ornatus*, which was positive over 10 days of exposure to oil. Therefore, OE extracted from the leaves 'Pera' sweet orange grafted on 'Rangpur' lime has potential for handling *A. guerreronis* and is compatible with the natural enemy *T. ornatus*.

Keywords: essential oil, sustainable management, biopesticides, rootstock, selectivity

1. Introdução

Os óleos essenciais (OEs) são compostos químicos voláteis lipofílicos produzidos como resultado do metabolismo secundário das plantas (Benelli et al., 2018; Gomes et al., 2010; Mahato et al., 2017), e provoca a mortalidade, repelência, afeta a fertilidade, fecundidade e o comportamento de artrópodes fitófagos (Ribeiro et al., 2015; Jesser et al., 2017; Benelli et al., 2018; Plata-Rueda et al., 2018; Murray, 2000). Entre os inúmeros OEs existentes, os óleos cítricos possuem um potencial para uso em programas de manejo de pragas (Camara et al., 2015; Dutra et al., 2016; Campolo et al., 2017; Papanastasiou et al., 2017).

Os OEs cítricos são formados por mais de 100 compostos orgânicos voláteis, os quais são armazenados em glândulas oleíferas nos tecidos de folhas e frutos, sendo os hidrocarbonetos monoterpênicos os mais abundantes (Alquezar et al., 2017; González-Mas et al., 2019; Dugo e Giacomo, 2002 ; Zhong et al., 2014; Cano e Barnejo, 2011). Os OEs cítricos são facilmente obtidos a partir da extração por hidrodestilação de folhas ou prensagem da casca (flavedo) (Družić et al., 2016; Dugo e Mondello, 2010; Ferhat et al., 2007).

A laranjeira ‘Pera’ [*Citrus sinensis* L. (Osbeck)], uma das cultivares mais abundantes no Brasil (Passos et al., 2013), é tradicionalmente cultivada no nordeste do Brasil sobre o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*). No entanto, outros porta-enxertos vêm sendo estudados e recomendados para fins da diversificação de cultivares da citricultura nordestina (Carvalho et al., 2020; Teodoro et al., 2020; Martins et al., 2020; Carvalho et al., 2016; Silva et al., 2016).

Os porta-enxertos exercem influência nas várias características agrônômicas da variedade copa (Medina et al., 2005), e podem influenciar na qualidade dos componentes voláteis presente no sabor do suco e na qualidade da composição química do OE (Behzad et al., 2009). No entanto, alguns porta-enxertos não alteraram os componentes químicos do OE extraído da casca do fruto da copa da bergamota (*Citrus bergamia*) (Verzera et al., 2003).

O ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) é uma praga chave do coqueiro e está presente nas Américas, África e Ásia (Lawson-Balagbo et al., 2008; Oliveira et al., 2012; Navia et al., 2013). Este ácaro se desenvolve no perianto do coco protegido pelas brácteas, e ao se alimentar do conteúdo das células meristemáticas deixa lesões no fruto, como manchas brancas que depois coalescem e tornam-se

necróticas. O ataque causa queda de produção de até 60% (aborto e redução do tamanho do fruto) e depreciação nos frutos destinados ao mercado de água (Rezende et al., 2016; Teodoro et al., 2015, Navia et al., 2013; Negloh et al., 2011). A principal forma de controle do ácaro-da-necrose é o uso de acaricidas (Lima et al., 2015; Monteiro et al., 2012). Contudo, aplicações frequentes podem favorecer a resistência de pragas, prejudicar o ecossistema e afetar o controle biológico natural (Geiger et al., 2011; Cordeiro et al., 2013; Van Leeuwen et al., 2010).

Os OEs são promissores no manejo de pragas agrícolas, pois são biodegradáveis, pouco tóxicos e seletivos a organismo não alvos (Chae et al., 2014; Isman, 2006). Porém, embora doses letais às pragas geralmente não causem mortalidade a ácaros predadores, doses subletais podem afetar o desenvolvimento, longevidade e reprodução dos artrópodes (Stark et al. 1997; Walthall e Stark, 1997).

O ácaro predador *Typhlodromus ornatus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) possui hábito alimentar generalista e é encontrado em coqueirais do nordeste do Brasil (McMurtry et al., 2013; Reis et al., 2008; Navia et al., 2005). Este predador possui alto potencial de controle de *A. guerreronis* em condições de laboratório (Freitas et al., 2018). Portanto, este estudo teve como objetivo analisar a composição química do óleo essencial da laranjeira ‘Pera’ enxertada em dez porta-enxertos e avaliar a toxicidade a *A. guerreronis* e a compatibilidade ao ácaro predador *T. ornatus*.

2. Material e métodos

2.1. Óleos essenciais

2.1.1. Coleta e extração

Folhas de laranjeira ‘Pera’ (*C. sinensis*) enxertada em 10 porta-enxertos foram coletadas em maio de 2019 em propriedade particular localizada no município de Rio Real – BA (11°29’S; 37°56’4”O) para a extração dos OEs. Os porta-enxertos foram: HTR-051 (híbrido trifoliado), limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*C. limonia* Osbeck), limoeiro ‘Rugoso Vermelho’ (*C. jambhiri* Lush), citrandarin ‘Riverside’ (*C. sunki* x *P. trifoliata*), HTR-208 (híbrido trifoliado), tangeleira ‘Orlando’ (*C. paradisi* Macf x *C. tangerina* hort ex. Tanaka), citrandarin ‘San Diego’ (*C. sunki* x *P. trifoliata* ‘Swingle’), tangerineira ‘Sunki Tropical’ (*Citrus sunki* (Hayata) hort ex Tanaka), citrandarin ‘Índio’

(*C. sunki* x *P. trifoliata*), limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck). As folhas foram picotadas (725g) e depositadas no balão com 1,5l de água destilada, colocado sobre manta térmica por 2h para a extração dos OEs por método de hidrodestilação, utilizando o aparelho tipo Clevenger modificado. O hidrolato foi separado do OE com o uso do funil de decantação (Sena Filho et al., 2017). O óleo foi extraído no laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE (10°56’46”S; 37°03’12”O).

2.1.2. Composição química

A análise dos constituintes químicos dos OEs obtidos foi realizada em equipamento de cromatografia em fase gasosa/espectrômetro de massas (*GC-MS*, Shimadzu, modelo QP2010 Ultra) contendo um amostrador automático AOC-20i e detector por ionização em chama (*FID*). As separações foram realizadas usando uma coluna capilar de sílica fundida Restek Rtx[®]-5MS revestida com 5%-difenil-95%-dimetil polissiloxano (30 m x 0,25 mm d.i., 0,25µm de espessura do filme), usando Hélio (99,995%) como gás de arraste numa vazão de 1,2 mL.min⁻¹. As amostras (1,0 µL da solução em acetato de etila) foram injetadas com razão do *split* de 1:10. A temperatura do forno foi programada para 60°C (permanecendo por 4 min) com taxa de aquecimento de 3°C.min⁻¹ até 220°C, e então aquecida até 280°C à 20°C.min⁻¹. As temperaturas do injetor e interface foram ambas 280°C.

Os dados de espectrometria de massas (*MS*) e detecção por ionização em chama (*FID*) foram simultaneamente adquiridos empregando-se um sistema de divisor de fluxo para os detectores; a razão de divisão de fluxo foi 5:1 (*MS:FID*). Um tubo restritor (coluna capilar) 0,4 m x 0,15 mm d.i. foi usado para conectar o divisor ao detector *MS*; um tubo restritor 0,5 m x 0,22 mm d.i. foi usado para conectar o divisor ao detector *FID*. Os dados *MS* (cromatograma de íons totais, CIT) foram adquiridos no modo *full scan* (*m/z* 40–550) com velocidade de varredura de 0,3 scan/s usando ionização por elétrons (EI) a 70 eV. As temperaturas do injetor e da fonte de íons foram 280°C e 200°C, respectivamente. A temperatura do *FID* foi mantida a 300°C, e os gases utilizados para o *FID* foram hidrogênio, ar e hélio numa vazão de 30, 300 e 30 mL.min⁻¹, respectivamente. A quantificação de cada constituinte foi estimada pela normalização da área do pico (%) do *FID*. O percentual dos compostos foi calculado através das áreas dos picos e dispostos em ordem de eluição do GC. Os índices de retenção foram obtidos injetando-se uma mistura de hidrocarbonetos lineares (C₇-C₃₀) e a identificação dos

compostos foi feita com base nos índices de retenção (Van Den Dool e Kratz, 1963) e na comparação computadorizada dos espectros de massas adquiridos com aqueles armazenados no banco de dados de espectros de massas do sistema GC/MS (NIST107 e NIST21; WILEY8), juntamente com espectros de massas da literatura (Adams, 2007).

2.2. Criação de *Typhlodromus ornatus*

A colônia de *T. ornatus* foi estabelecida a partir de indivíduos retirados de criação estoque deste predador do laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros - SE. Os ácaros foram criados em arenas confeccionadas de recipientes plásticos de 15 cm de diâmetro, com espuma de igual dimensão e saturada com água destilada. Sobre a espuma foi depositado um disco de pvc (15 cm \varnothing) circundado com algodão embebido com água destilada. Em cada arena foi colocado pedaços de TNT de 4cm² para favorecer a oviposição. Os ácaros foram alimentados diariamente com pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) e mantidos em condições controladas (temperatura 27,0 \pm 3,0°C, umidade relativa 70 \pm 10% e fotoperíodo escuro 24h).

2.3. Toxicidade a *Aceria guerreronis*

Concentrações crescentes do OE de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, foram pulverizadas para estabelecer o bioensaio preliminar. Por não haver diferença no perfil químico dos OEs extraídos e a combinação da laranjeira ‘Pera’ enxertada no limoeiro ‘Cravo’ ser amplamente utilizada no pólo citrícola da Bahia e Sergipe, este óleo foi selecionado para seguir com os bioensaios. As concentrações selecionadas situaram-se entre a maior concentração que não causa mortalidade (limite inferior) e menor que ocasiona 100% de mortalidade (limite superior), utilizando acetona como solvente e controle. A arena (1,3cm de \varnothing) constituiu a unidade experimental e foi confeccionada com BDA diluído em água destilada, depois depositado sobre a epiderme do coco em placa de Petri de 9cm de diâmetro, adaptado de Teodoro et al. (2017). As soluções do OE e controle (acetona Sigma-Aldrich®) foram pulverizadas a uma pressão de 5 psi, alíquota de 9,3mL, com o uso da Torre de Potter. As concentrações de 1, 2, 5, 8 e 12 mg/mL foram selecionadas após os bioensaios preliminares. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e para cada concentração e controle foram utilizadas dez repetições (arenas), totalizando 100 adultos de *A. guerreronis*. As arenas foram cobertas com tecido preto para simular as condições de escuridão sob as brácteas e mantidas em condições controladas (27 \pm

3°C e 70 ± 10% umidade relativa). A mortalidade dos ácaros foi avaliada 24 horas após a pulverização e os ácaros foram considerados mortos quando em contato com o pincel não responderam ao estímulo (Oliveira *et al.*, 2017).

2.4. Repelência a *Aceria guerreronis*

A metodologia foi semelhante ao experimento de toxicidade de *A. guerreronis*, porém metade da arena recebeu aplicação do produto e a outra metade foi coberta com uma camada tripla de proteção (fita durex, fita crepe e papel absorvente) (Teodoro *et al.*, 2009; Silva, 2014). Após a pulverização da CL₈₀ do OE, foi colocado no centro da arena um pingo de cola branca atóxica que serviu para deposição de um ácaro adulto. Foram realizadas 60 repetições e a posição do ácaro na parte pulverizada ou não pulverizada da arena foi avaliada após 1, 14 e 24h.

2.5. Toxicidade temporal

A mortalidade da CL₈₀ do OE a *A. guerreronis* foi avaliada ao longo do tempo seguindo a mesma metodologia do experimento de toxicidade. O OE de laranjeira ‘Pera’ enxertado no limoeiro cravo e a acetona (controle) foram pulverizados sobre as arenas e após 0,5, 3, 6 e 9 horas os ácaros foram transferidos. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 13 repetições, totalizando 130 ácaros. A mortalidade foi registrada após 24h de sua transferência.

2.6. Mortalidade de *Typhlodromus ornatus*

Alíquotas de 9,3mL da CL₅₀ e CL₈₀ do OE das folhas de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, estimadas para *A. guerreronis* e acetona (controle) foram pulverizadas sobre as arenas (placa de Petri de diâmetro de 9cm, contendo discos de PVC de 2,5 cm de \varnothing , colocadas sobre papel filtro sobre uma espuma de poliuretano). O papel filtro e a espuma de poliuretano foram saturados com água destilada para evitar a fuga dos ácaros. Logo após a pulverização das arenas foram transferidas 10 fêmeas adultas de *T. ornatus* de 7 a 10 dias de idade. O delineamento foi inteiramente casualizado com 15 repetições, totalizando 150 ácaros. Durante o bioensaio os ácaros foram alimentados com pólen de mamona, depositado sobre um pedaço de PVC de aproximadamente 0,36 cm² e mantidos em condições controladas conforme descrito no experimento de toxicidade para *A. guerreronis*. O número de predadores vivos e mortos para os tratamentos com óleo e o controle foi registrado após 24 horas.

2.7. Taxa de crescimento de *Typhlodromus ornatus*

A CL₈₀ do OE estimada para *A. guerreronis* foi utilizada para avaliar o aumento populacional de *T. ornatus*. O experimento foi conduzido conforme metodologia do experimento de mortalidade do predador, adicionando TNT de 0,35cm² para favorecer a oviposição. Após a pulverização da CL₈₀ nas arenas, foram transferidas 4 fêmeas e um macho (7 a 10 dias de idade). O experimento foi inteiramente casualizado com 9 repetições. O número de ovos e imaturos foi contabilizado por 10 dias.

3. Análises estatísticas

As concentrações letais do OE a *A. guerreronis* foram estimadas por meio da análise de Probit, usando o procedimento PROC PROBIT (SAS, 2008). A suscetibilidade do predador *T. ornatus* exposto às diferentes concentrações e a toxicidade temporal de *A. guerreronis* foi submetida à análise de regressão utilizando o procedimento do software SAS (SAS, 2008). Para avaliar a repelência do OE a *A. guerreronis* foi realizada a análise de frequência pelo teste de qui-quadrado utilizando o Procfreq do software SAS (SAS, 2008).

A taxa instantânea de crescimento (r_i) foi calculada usando a equação: $r_i = [\ln(N_f/N_i)]/T$, onde N_f é o número final de ácaros vivos incluindo ovos e imaturos, N_i é o número inicial de ácaros e T é o período de duração do bioensaio (10 dias) (Walthall and Start, 1997). O r_i de ácaros predadores expostos e não expostos ao OE foi comparado por meio do teste t-Student utilizando o SAS.

4. Resultados

4.1. Composição dos OEs

Trinta e três compostos foram identificados no OE da laranjeira “Pera” enxertada nos porta-enxertos avaliados (Tabela 1). Os principais componentes foram do grupo dos hidrocarbonetos monoterpênicos: sabineno (30,47-34,17%), δ -3-careno (7,78-12,4%), (*E*)- β -ocimeno (8,04-10,46%), linalol (6,97-10,80%), limoneno (4,04-5,72%), mircenol (3,79-4,98%), geranial (3,37- 6,66%), citronelal (2,26-5,04%), terpinen-4-ol (2,67-3,33%), neral (2,73-5,50%) e os componentes em menor quantidade foram β -pineno (1,14-1,46%), α -pineno (0,91-1,40), terpinoleno (1,78-2,40%), geraniol (0,18-0,38%).

4.2. Toxicidade do óleo essencial a *Aceria guerreronis* e seletividade a *Typhlodromus ornatus*

O OE foi tóxico a *A. guerreronis*, sendo que a CL₂₅ foi estimada em 2,10 mg/mL, a CL₅₀ em 4,28 mg/mL e a CL₈₀ em 10,39 mg/mL (Tabela 2). No entanto, não houve mortalidade do predador *T. ornatus* quando exposto a estas mesmas CLs estimadas para *A. guerreronis* ($R^2= 0,86$, $F= 299,04$, $P= <0,0001$; Figura 1).

4.3. Repelência a *Aceria guerreronis*

A CL₈₀ do OE não repeliu o ácaro *A. guerreronis* após 1 h ($P= 0. 3596$), 14 h ($P= 0.5036$) e 24 h ($P= 0.7148$) (Figura 2).

4.4. Toxicidade temporal

A mortalidade de *A. guerreronis* exposto à CL₈₀ reduziu ao longo do tempo ($F_3= 201.14$, $P= 0,0001$) (Figura 3).

4.5. Taxa de crescimento de *Typhlodromus ornatus*

A CL₈₀ do OE não afetou a taxa de crescimento do ácaro predador ($t= 0,18$, $gl=8$, $P = 0,856$) (Figura 4).

5. Discussão

Os OEs de folhas da laranjeira ‘Pera’ constituíram-se, em sua maioria, de hidrocarbonetos (monoterpenos e sesquiterpeno) (δ -3-Carene, ρ -Cynene, Limonene, Myrcene, Sabinene, α -Pinene, β -Caryophyllene, γ -Terpinene, γ -Cadinene, δ -Cadinene, e mais outros), o que está de acordo com resultados da literatura (Dugo e Mondello, 2010). Nosso estudo apresentou o sabineno como composto majoritário nas folhas frescas de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e está em conformidade com Farias et al. (2020) e Alonzo et al. (2000). Em outros estudos os OEs obtidos da casca de frutos frescos da laranjeira ‘Pera’ apresentam o limoneno como composto majoritário (Martins et al., 2016; Câmara et al., 2015; Jing et al., 2014; Geraci et al., 2016; Araújo Junior et al., 2010), pois de acordo com a fonte fornecedora de óleo, a composição química pode sofrer alteração, por exemplo frutos frescos fornecem composição química diferente de folhas frescas, para algumas espécies (Wang et al., 2011).

Nesse estudo, a representação do perfil químico de compostos majoritários nos diferentes porta-enxertos em ordem decrescente apresenta o sabineno (33,17%), δ -3-

careno (11,24%) e linalol (7,96%), no entanto no estudo conduzido por Farias et al., (2020), o OE extraído das folhas de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ apresenta o sabineno (44,72%), linalol (10,78%) e δ -3-careno (10,78%). Essas mudanças que ocorrem não indicam necessariamente influência do porta-enxerto, mas podem ocorrer devido a expressão fisiológica da planta, época de colheita, estágio da planta, acidez do solo ou o clima, que são capazes de alterar as proporções de monoterpenos presentes nos OEs extraídos de plantas cítricas (Morais et al., 2009; Andrade et al., 2016; Masotti et al., 2003; Ahmad et al., 2006; De Pasquale et al., 2006; Vekiari et al., 2002). A cromatografia realizada nos OEs extraídos dos diferentes porta-enxertos demonstra um perfil químico padrão dos compostos químicos no OE, indicando que o OE não sofreu interferência dos porta-enxertos. Da mesma forma, o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ utilizado para as copas de laranjeiras ‘Kona’ e ‘Pera CNPMFD6’ [*C. sinensis*], da tangerineira ‘Piemonte’ [tangerina ‘Clementina’ (*C. clementina* hort. ex Tanaka) x ‘Murcott’ (híbrido de origem desconhecida) e da limeira ácida Tahiti, clone ‘Persian lime 58’ [*C. latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] não foi capaz de interferir e padronizar o perfil químico dos compostos, pois o OE extraído das folhas de laranjeira ‘Kona’ e ‘Pera’, da tangerineira ‘Clementina’ e da limeira ácida ‘Persina lime 58’, apresentou o sabineno, linalol e limoneno respectivamente como compostos majoritários. (Farias et al., 2020).

Os OEs podem ser utilizados no manejo de insetos e ácaros fitófagos, pois apresentam menos riscos à saúde humana e ao ambiente (Camara et al., 2015; Oliveira et al., 2017; Isman, 2008; Campolo et al., 2017). A bioatividade do OE a *A. guerreronis* reportada neste estudo ocorre possivelmente pela toxicidade aguda do sabineno, seja pela exposição aos vapores (toxicidade potencial fumigante) ou pelo contato (moléculas lipossolúveis que penetram no ácaro) (Isman, 2000; Tarelli et al., 2009). O sabineno e o linalol apresentaram atividade acaricida por contato ao ácaro-verde-da-mandioca *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae) (Farias et al., 2020) e inseticida de contato e fumigante ao gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulky (Coleoptera: Curculionidae) (Wang et al., 2011). É possível que outros compostos químicos em concentrações menores, como δ -3-careno, (*E*)- β -ocimeno, linalol, limoneno, mirceno, geranial, citronelal (2,26-5,04%), terpinen-4-ol, neral, atuem de forma sinérgica ou aditiva, potencializando a bioatividade do OE a *A. guerreronis* (Jiang et al., 2009).

O método de extração por hidrodestilação utilizado na pesquisa fornece uma gama de compostos hidrocarbonetos monoterpênicos altamente voláteis (Tak e Isman, 2017; Knaak e Fiuza, 2010), essa volatilidade é acentuada devido ao baixo peso molecular dos terpenos (Regnault-Roger et al., 2012). Por causa da alta volatilidade do OE de *Citrus*, o efeito tóxico do óleo é de baixa persistência (Isman, 2006). A bioatividade ocorreu somente nas primeiras horas após a aplicação, comprovando essa volatilidade do OE de citros, que pode ocorrer devido a oxidação dos compostos monoterpênicos que influenciam na persistência do óleo (Kim et al., 2003; Hu e Coats, 2008; Regnault-Roger et al., 2012). Essa baixa persistência pode ser um entrave no controle de pragas como *A. guerreronis*, portanto é essencial o desenvolvimento de formulações mais estáveis que prolonguem a biotividade do OE de citros.

O OE de laranja 'Pera' extraído das folhas frescas não demonstrou ser repelente a *A. guerreronis*, porém o OE de laranja 'Pera' e laranja 'Lima' (*C. aurantium* L) extraído de frutos, no qual o limoneno é o composto majoritário (93,5% e 89,8% respectivamente) apresentou repelência ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (Câmara et al., 2015). Em comparação aos compostos químicos como α -terpineol, β -cariofileno, citronelal, α -pineno, α -terpinen-4-ol, terpinoleno, γ -careno, linalol e eugenol, o limoneno demonstrou ser o mais repelente entre os hidrocarbonetos monoterpênicos (Câmara et al., 2015). No entanto, nesse estudo, o limoneno é um composto químico minoritário (5,11%) no OE das folhas de laranja 'Pera'.

As CL_{50} e CL_{80} estimadas para *A. guerreronis* quando utilizadas para o ácaro predador *T. ornatus*, demonstraram que o ácaro não foi suscetível. Essa compatibilidade se apresenta devido ao predador ser maior em relação a presa, ou por diferenças cuticulares como o tegumento que reveste o corpo do ácaro impede a penetração dos compostos químicos (Tsolakis e Ragusa, 2008; Lima et al., 2013), ou por causa das atividades de enzimas desintoxicantes (Kim et al., 2004). Enzimas como monooxigenases, esterases e glutatona-S-transferases podem estar envolvidas na disposição de desintoxicar um acaricida (Sato et al., 2006; Anber e Oppenoorth, 1989; Fournier et al., 1987). O r_i para *T. ornatus* quando submetido a CL_{80} estimada para *A. guerreronis* não infetou o crescimento populacional. Caso semelhante foi observado quando *T. ornatus* foi submetido a CL_{85} do óleo de coco babaçu e soja degomada estimada para *A. guerreronis* (Saraiva et al., 2020). Esse comportamento demonstra a capacidade de resistência desse ácaro predador, como um resultado positivo, uma vez

que esse açúcar pode ficar exposto a rotas de aplicação do óleo via direta (pulverização) ou indireta (por áreas tratadas) a nível de campo (Saraiva et al., 2020).

6. Considerações finais

Este estudo evidencia que as variedades de porta-enxertos utilizadas para diversificação da citricultura não influenciam no perfil químico do OE da copa da laranja 'Pera', e demonstra que o OE é bioativo ao açúcar-da-necrose *A. guerreronis*, e seletivo ao açúcar predador *T. ornatus*. Desta forma, o OE de laranja 'Pera' demonstra ter potencialidade no manejo dessa praga. No entanto, mais estudos são necessários com o objetivo de aumentar a persistência, seja com o uso de emulsões, sistemas micelares ou microemulsões, e conhecer de forma isolada como os compostos químicos agem, em especial o sabineno.

7. Anexo

Tabela 1: Composição química do OE da laranja 'Pera' em 10 porta-enxertos. C1-HTR-051, C2 - limoeiro cravo 'Santa Cruz', C3 - limoeiro 'Rugoso Vermelho', C4-citrandarineira 'Riverside 264', C5 - HTR-208, C6 - tangeleira 'Orlando', C7-citrandarineira 'San Diego', C8 - tangerineira 'Sunki Tropical', C9 - citrandarineira 'Índio 256', C10 - limoeiro 'Cravo'.

Pico	tr (min)	Composto	RI ^a exp	R ^b lit	(%) área do pico (FID) ^c									
					C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
1	6.020	(2E)-Hexenal	866	846	0,85	0,20	0,53	0,51	0,55	0,39	0,54	0,86	0,64	0,60
2	8.390	α -Thujeno	927	924	0,24	0,40	0,30	0,28	0,31	0,27	0,32	0,33	0,31	0,31
3	8.670	α -Pineno	934	932	0,91	1,40	1,14	1,15	1,19	1,06	1,29	1,23	1,22	1,23
4	10.400	Sabineno	978	969	32,24	34,17	30,47	30,79	30,57	31,48	31,99	32,40	32,98	33,17
5	10.465	β -Pineno	980	974	1,33	1,45	1,14	1,37	1,30	1,46	1,33	1,29	1,42	1,34
6	10.775	6-Metil-5-hepten-2-ona	988	981	0,54	0,30	0,48	0,40	0,29	0,15	0,35	0,35	0,43	0,35

7	11.030	Mirceno	993	988	3,79	4,98	4,55	4,51	4,44	4,59	4,56	4,66	4,55	4,66
8	11.545	α -Felandreno	100 6	100 2	0,61	0,89	0,75	0,79	0,79	0,80	0,83	0,83	0,79	0,82
9	11.870	d-3-Careno	101 3	100 8	7,78	12,64	10,81	10,97	11,17	10,85	11,29	11,32	10,95	11,24
10	12.085	α -Terpineno	101 8	101 4	0,75	1,09	0,82	0,95	0,94	0,97	1,03	1,00	0,99	1,04
11	12.320	<i>p</i> -Cimeno	102 3	102 0	Tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
12	12.430	<i>o</i> -Cimeno	102 5	102 2	0,41	0,41	0,37	0,44	0,42	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39
13	12.680	Limoneno	103 1	102 4	4,04	4,60	4,90	5,72	5,66	4,45	5,47	4,86	4,59	5,11
14	13.035	(<i>Z</i>)- β -Ocimeno	103 8	103 2	0,23	0,27	0,30	0,25	0,28	0,28	0,24	0,29	0,25	0,26
15	13.600	(<i>E</i>)- β -Ocimeno	105 0	104 4	8,04	9,14	10,46	9,11	8,66	10,31	8,88	9,23	8,56	9,44
16	14.045	<i>g</i> -Terpineno	106 0	105 4	1,23	1,71	1,28	1,52	1,50	1,58	1,61	1,55	1,58	1,64
17	15.335	<i>p</i> -Menta-2,(4)8-dieno	108 7	108 5	0,24	0,33	0,27	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29	0,30
18	15.460	Terpinoleno	109 0	108 6	1,78	2,54	2,12	2,25	2,30	2,44	2,40	2,40	2,31	2,36
19	16.170	Linalol	110 5	109 5	10,80	7,05	6,97	7,90	7,52	6,99	8,87	7,59	7,98	7,96
20	18.670	Citronelal	115 6	114 8	4,27	3,03	5,04	2,94	4,10	3,12	2,60	3,40	2,92	2,26
21	19.170	(<i>Z</i>)-Isocitral	116 6	116 0	0,18	0,10	0,15	0,15	0,15	0,11	0,14	0,12	0,15	0,13
22	19.900	Terpinen-4-ol	118 1	117 4	3,25	3,28	2,67	3,23	3,08	3,33	3,30	3,23	3,27	3,33
23	20.055	(<i>E</i>)-Isocitral	118 4	117 7	0,36	0,21	0,27	0,30	0,29	0,26	0,27	0,23	0,29	0,25
24	20.510	<i>a</i> -Terpineol	119 4	118 6	1,10	0,51	0,52	0,86	0,76	0,76	0,95	0,57	0,79	0,84
25	22.340	Nerol	123 2	122 7	0,74	0,52	0,90	0,52	0,54	0,51	0,44	0,65	0,43	0,34

26	23.030	Neral	124 6	123 5	5,50	2,73	3,80	4,27	4,39	4,21	3,53	3,18	4,02	3,34
27	23.600	Geraniol	125 8	124 9	0,38	0,28	0,39	0,24	0,25	0,26	0,22	0,30	0,21	0,18
28	24.485	Geranial	127 7	126 4	6,68	3,37	4,70	5,26	5,52	5,15	4,29	3,93	4,94	4,08
29	28.640	Acetato de nerila	136 6	135 9	0,18	0,16	0,31	0,21	0,21	0,20	0,15	0,19	0,19	0,13
30	29.510	Acetato de geranila	138 5	137 9	0,20	0,17	0,30	0,19	0,20	0,20	0,14	0,20	0,19	0,11
31	30.030	b-Elemeno	139 5	138 9	0,32	0,76	0,89	0,88	0,68	1,10	0,81	0,86	0,86	0,99
32	42.675	b-Sinensal	170 3	169 9	0,14	0,18	0,34	0,32	0,37	0,56	0,35	0,40	0,28	0,45
33	44.770	a-Sinensal	175 9	175 5	TR	tr	0,13	0,13	0,13	0,24	0,13	0,16	0,12	0,14
Total					99,11	98,87	98,07	98,71	98,87	98,77	99,01	98,30	98,89	98,79

^a Índice de retenção calculado de acordo com van den Dool & Kratz (1963); ^b Índice de retenção da literatura (Adams, 2007); ^c tr= traço, <0,1%; % da área do pico calculado pelo FID.

Tabela 2. Concentrações letais (CL₅₀ e CL₈₀) (mg/mL) do óleo essencial das folhas da laranjeira ‘Pera’ enxertada no limoeiro ‘Cravo’ estimadas para *A. guerreronis*.

Ácaro	OE	CL ₅₀ (mg/mL) (95% IC)	CL ₈₀ (mg/mL) (95% IC)	Inclinação	n	χ^2	P
<i>A. guerreronis</i>	<i>C. sinensis</i>	4,283 (3.712-4.938)	10,39 (8.635-13.209)	2.18	433	1.643	0.122

n: número de indivíduos, χ^2 : qui-quadrado; P- valor, IC: intervalo de confiança

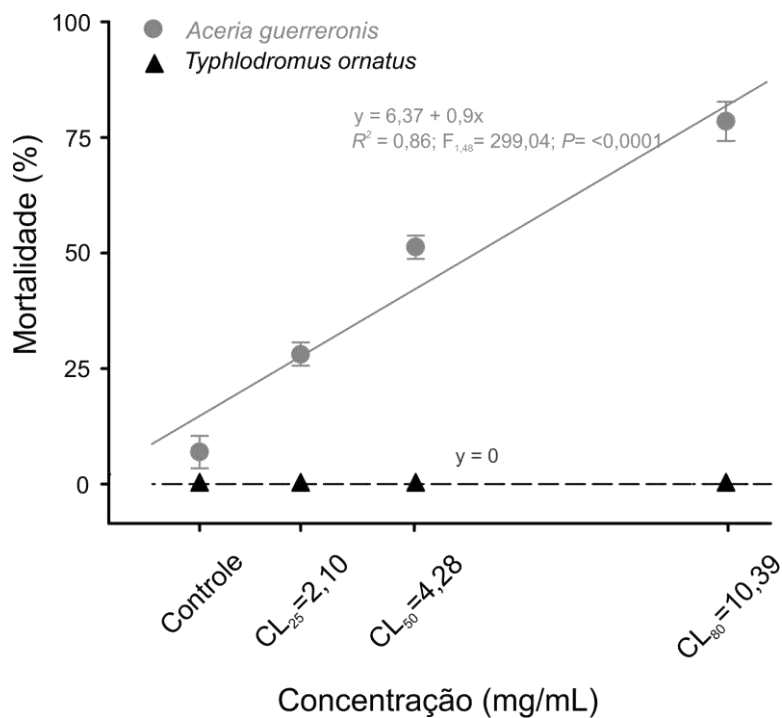


Figura 1. Mortalidade a *A. guerreronis* e suscetibilidade do ácaro predador *T. ornatus* expostos a CL₂₅ (2,10 mg/mL), CL₅₀ (4,28 mg/mL) e CL₈₀ (10,39 mg/mL), estimadas para a praga. Cada símbolo representa a mortalidade média da praga (cinza) e do predador (preto).

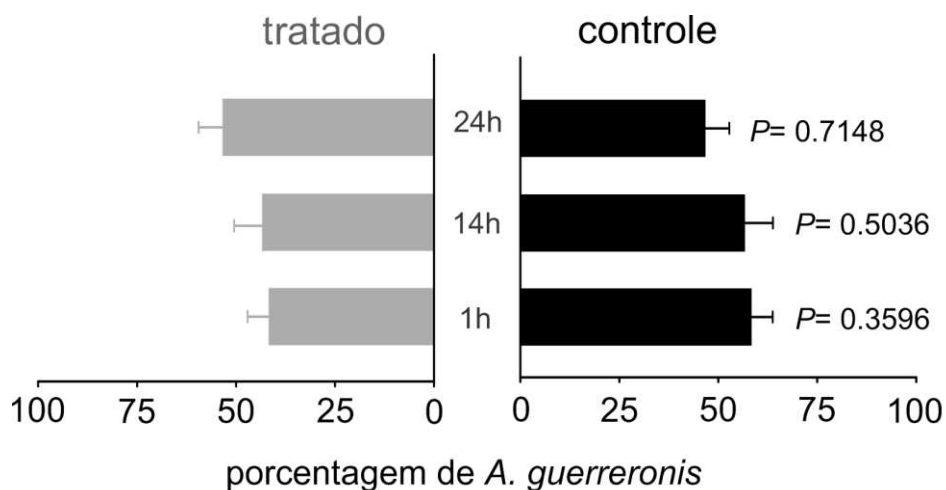


Figura 2. Percentual de *A. guerreronis* na área tratada com a CL₈₀ (10,39 mg/mL) e não tratada (controle). Cada barra (erro padrão) representa a média de 60 repetições avaliadas após 1, 14 e 24 horas.

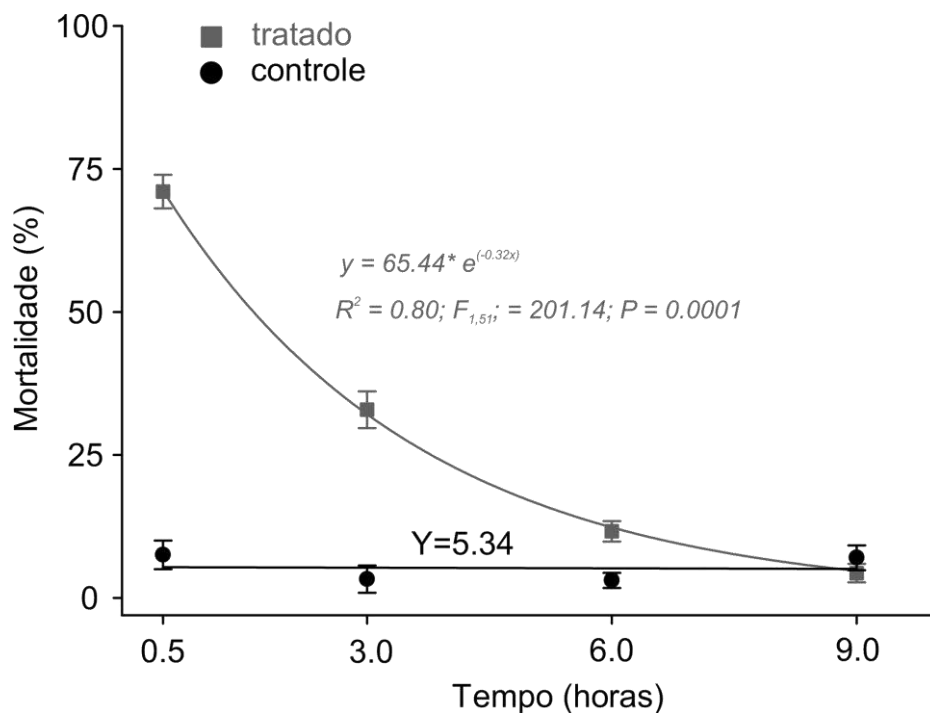


Figura 3. Toxicidade temporal da CL_{80} (10,39 mg/mL) do óleo essencial das folhas de laranjeira ‘Pera’ a *A. guerreronis*.

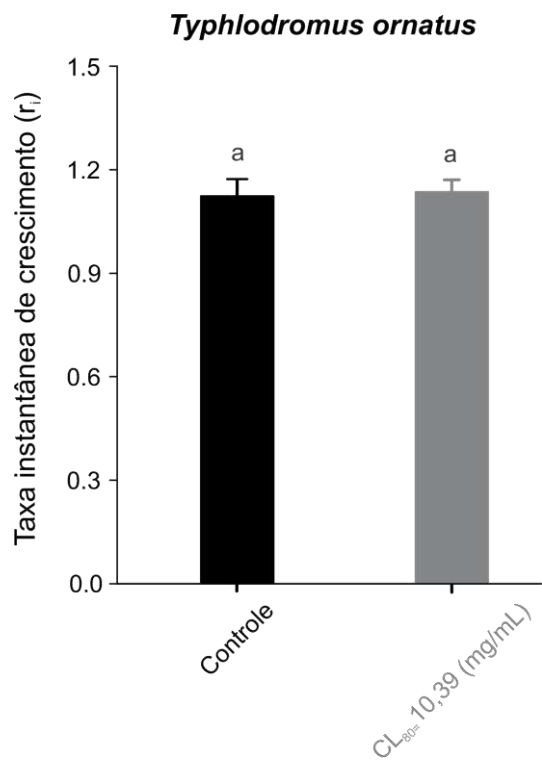


Figura 4. Taxa instantânea de crescimento (r_i) do ácaro predador *T. ornatus* exposto à CL_{80} (10,39 mg/mL) do óleo essencial das folhas de laranjeira ‘Pera’, estimada para *A. guerreronis*. Letras iguais sobre a mesma barra não expressam diferença pelo test-t ($P < 0.05$).

8. Referências bibliográficas

- Adams, R.P., 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured Publ. Corp. Carol Stream, IL. 4^o ed.
- Alquézar, B., Rodríguez, A., La Peña, M., Peña, L., 2017. Genomic analysis of terpene synthase family and functional characterization of seven sesquiterpene synthases from *Citrus sinensis*. *Front Plant Sci.* 8, 1481.
- Alonzo, G., Fatta del Bosco, S., Palazzolo, E., Saiano, F., Tusa, N., 2000. *Citrus cybrid* leaf essential oil. *Flavour Frag. J.* 15, 91–95.
- Anber, H.A.I., Oppenoorth, F.J., 1989. A mutant esterase degrading organophosphates in a resistant strain of the predacious mite *Amblyseius potentillae* (Garman). *Pestic. Biochem. Physiol.* 33, 283–297.
- Ahmad, M.M., Ur-Rehman, S., Iqbal, Z., Anjum, F.M., Sultan, J.I., 2006. Genetic variability to essential oil composition in four citrus fruit species. *Pak. J. Bot.* 38, 319–324.
- Andrade, M., Ribeiro, L., Borgoni, P., Silva, M., Forim, M., Fernandes, J., Vieira, P., Vendramin, J., Machado, M., 2016. Essential oil variation from twenty two genotypes of *Citrus* in Brazil - chemometric approach and repellency against *Diaphorina citri* Kuwayama. *Molecules.* 21, 814.
- Behzad, B.D., Abdolhossein, R., Alizera, T., Ahmad, K., Kambis, L., Behrouz, G., Enayat, H., Rahim, T., 2009. The Effects of Rootstock on the Volatile Flavour Components of Page Mandarin [(*C.Reticulata* var dancy × *C.Paradisi* var dancan) × *C.Clemantina*] Juice and Peel. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* 28, 99–111.
- Benelli, G., Pavela, R., Giordani, C., Casettari, L., Curzi, G., Cappellacci, L., Petrelli, R., Maggi, F., 2018. Acute and sub-lethal toxicity of eight essential oils of commercial interest against the filariasis mosquito *Culex quinquefasciatus* and the housefly *Musca domestica*. *Ind. Crops Prod.* 112, 668–680.
- Camara, C.A.G., Akhtar, Y., Isman, M.B., Seffrin, R.C., Born, F.S., 2015. Repellent activity of essential oils from two species of *Citrus* against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. *Crop Prot.* 74, 110–115.
- Campolo, O., Cherif, A., Ricupero, M., Siscaro, G., Grissa-Lebdi, K., Russo, A., Cucci, L.M., Di Pietro, P., Satriano, C., Desneux, N., Biondi, A., Zappalà, L., Palmeri, V., 2017. Citrus peel essential oil nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta*: chemical properties and biological activity. *Sci. Rep.* 7, 13036.
- Cano, B.; bermejo, A., 2011. Influence of rootstock and cultivar on bioactive compounds in citrus peels. *J. Sci. Food Agric.* 91, 1702–1711.
- Carvalho, H.W.L.De., Teodoro, A.V., Barros, I.DE., Carvalho, L.M,De., Soares Filho, W.Dos.S., Girardi, E.A., Passos, O.S., Pinto-Zevallos, D.M., 2020. Rootstock-related

improved performance of 'Pera' sweet orange under rainfed conditions of Northeast Brazil. *Sci. Hortic.* 263, 1-5.

Carvalho, L.M.De., Carvalho, H.W.L.De., Soares Filho, W.Dos.S., Martins, C.R., Passos, O.S., 2016. Promising rootstocks alternative to 'Rangpur' lime in the Coastal Tablelands of the state of Sergipe, Brasil. *Pesq. Agropec. bras.* 51, 1-13.

Chae, S.H., Kim, S.I., Yeon, S.H., Perumalsamy, H., Ahn, Y.J., 2014. Fumigant toxicity of summer savory and lemon balm oil constituents and efficacy of spray formulations containing the oils to B- and neonicotinoid-resistant Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 107, 286–292.

Cordeiro, E.M.G., De Moura, I.L.T., Fadini, M.A.M., Guedes, R.N.C., 2013. Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Olygonychus ilicis*? *Chemosphere.* 93,1111–1115.

De Pasquale, F., Siragusa, M., Abbate, L., Tusa, N., De Pasquale, C., Alonzo, G., 2006. Characterization of five sour orange clones through molecular markers and leaf essential oils analysis. *Sci. Hortic.* 109, 54–59.

Družić, J., Jerković, I., Marijanović, Z., Roje, M., 2016. Chemical biodiversity of the leaf and flower essential oils of *Citrus aurantium* L. from Dubrovnik area (Croatia) in comparison with *Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Washington navel, *Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Tarocco and *Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Doppio Sanguigno. *J. Essent. Oil Res.* 28, 283–291.

Dugo, G., Di Giacomo, A., 2002. Citrus, the genus *Citrus*. *Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles.* CRC Press. 656.

Dugo, G., Mondello, L., 2010. Citrus oils: composition, advanced analytical techniques, contaminants, and biological activity. *CRC Press.* 586.

Dutra, K. de A., de Oliveira, J.V., Navarro, D.M. do A.F., Barbosa, D.R. e S., Santos, J.P.O., 2016. Control of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in *Vigna unguiculata* (L.) WALP. with essential oils from four *Citrus* spp. plants. *J. Stored Prod. Res.* 68, 25–32.

Espinosa-Garcia, F.J.; Langenheim, J.H., 1991. Effects of sabinense and γ -terpinene from coastal redwood leaves acting singly or in mixtures on the growth of some of their fungus endophytes. *Biochem Systema Eco.* 19, 643-650.

Farias, A.P., Santos, M.C., Jumbo, L.O.V., Oliveira, E.E., Nogueira, P.C.L., Sena Filho, J.G., Teodoro, A.V., 2020. Citrus essential oils control the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa*, and induce higherpredatory responses bythe lacewing *Ceraeochrysa caligata*. *Ind. Crops Prod.* 145, 112-151.

Ferhat, M.A., Meklati, B.Y., Chemat, F., 2007. Comparison of different isolation methods of essential oil from citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave “dry” distillation. *Flavour Fragr. J.* 22., 494–504.

- Fournier, D., Cuany, A., Pralavorio, M., Bride, J.M., Berge, J.B., 1987. Analysis of methidathion resistance mechanism in *Phytoseiulus persimilis* A.H. Pestic. Biochem. Physiol. 28, 271–278.
- Freitas, G.S.de., Santos, M.C.dos., Lira, V.de.A., Galvão, A.S., Oliveira, E.E., Sena Filho, J.G.de., Teodoro, A.V., 2018. Acute and non-lethal effects of coconut oil on predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). Syst. Appl. Acarol. 23, 1333–1341.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Wolfgang, W., Berendse, F., Morales, B.M., Ceryngier, P., 2011. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. Basic and Appl. Ecol. 11, 97-105.
- Geraci, A., Di Stefano, V., Di Martino, E., Schillaci, D., Schicchi, R., 2016. Essential oil components of orange peels and antimicrobial activity. Nat. Prod. Res. 31, 653–659.
- Gomes, M.S., Cardoso, M.G., Machado, S.M.F., Mallet, A.C.T., Miranda, C.A.S.F., Andrade, J., Silva, L.F., Teixeira, M.L., 2010. Caracterização química do óleo essencial extraído das cascas de laranja e atividade antioxidante utilizando dois métodos de análise. 50° Congresso Brasileiro de Química. Cuiabá, MT.
- González-Mas, M.C., Rambla, J.L., López-Gresa, M.P., Blázquez, M.A., Granell, A., 2019. Volatile Compounds in *Citrus* Essential Oils: A Comprehensive Review. Front. Plant. Sci. 10, 12.
- Hu, D., Coats, J., 2008. Evaluation of the environmental fate of thymol and phenethyl propionate in the laboratory. Pest Manag. Sci. 64, 775- 779.
- Isman, M.B., 2008. Perspective botanical insecticides: for richer, for poorer. Pest Manag. Sci. 64, 8–11.
- Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Ann. Rev. Entomol. 51, 45-66.
- Isman, M.B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot. 19, 603-608.
- Jesser, E.N., Werdin-González, J.O., Murray, A.P., Ferrero, A.A., 2017. Efficacy of essential oils to control the indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). J. Asia. Pac. Entomol. 20, 1122–1129.
- Jiang, Z., Akhtar, Y., Bradbury, R., Zhang, X., Isman, M.B., 2009. Comparative toxicity of essential oils of *Listsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. J. Agri. Food. Chem. 57, 4833-4837.
- Jing, L., Lei, Z., Li, L., Xie, R., Xi, R., Xi, W., Guan, Y., Sumner, L.W., Zhou, Z., 2014. Antifungal activity of citrus essential oils. J. Agric. Food Chem. 62, 3011-3033.
- Knaak, N., Fiuza, L.M., 2010. Potential of essential plant oils to control insects and microorganisms. Neotrop. Bio. Conserv. 5, 120-132.

- Kim, Y.J., Lee, H.S., Lee, S.W., Ahn, Y.J., 2004. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest. Manag. Sci.* 60, 1001–1006.
- Kim, E.H., Kim, H.K., Ahn, Y.J., 2003. Acaricidal activity of plant essential oils against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *J. Asia-Pac. Entomol.* 6, 77.
- Kohzaki, K., Gomi, K., Kokudo, Y.Y., Ozawa, R., Takabayashi, J., Akimitsu, K., 2009. Characterization of sabinene synthase gene from rough lemon (*Citrus jambhiri*). *J. Plant Physiol.* 166, 1700-1704.
- Lawson-Balagbo, L.M., Gondim M.G.C Jr., Moraes, G.J., Hanna, R., Schausberger, P., 2008. Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *Bull. Entomol. Res.* 98, 83–89.
- Lima, D.B., Melo, J.W.S., Gondim Jr, M.G.C., Guedes, R.N.C., Oliveira, J.E.M., Pallini, A., 2015. Acaricide-impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. *Ecotoxicology.* 24:1124–1130.
- Lima, D.B., Monteiro, V.B., Guedes, R.N.C., Siqueira, H.A.A., Pallini, A., Gondim, M.G.C., 2013. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *BioControl.* 58, 595–605.
- Mahato, N., Sharma, K., Koteswararao, R., Sinha, M., Baral, E., Cho, M.H., 2017. *Citrus* essential oils: Extraction, authentication and application in food preservation. *Food Sci. Nutr.* 611–625.
- Maróstica Júnior, M.R., Pastore, G.M., 2007. Biotransformação de limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas. *Química Nova.* 30, 382-387.
- Martins, C.R., Carvalho, H.W.L.De., Teodoro, A.V., Barros, I.De., Carvalho, L.M.De., Soares Filho, W.S., Passos, O.S., 2020. Performance of the pineapple sweet orange on different rootstocks. *Biosci. J.* 36, 458-472.
- Martins, C.R., Carvalho, H.W.L., Teodoro, A.V., Soares Filho, W.S., Passos, O.S., 2016. Agronomical performance of citrus scion cultivars grafted on Rangpur lime in northeastern Brazil. *Aust. J. Crop Sci.* 10, 16–23.
- Masotti, V., Juteau, F., Bessièrè, J-M., Viano, J., 2003. Seasonal and phenological variations of the essential oil from the narrow endemic species *Artemisia molinieri* and its biological activities. *J. Agric. Food. Chem.* 51, 715-721.
- McMurtry, J. A., Moraes, G. J. D.; Sourassou, N. F. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Syst. Appl. Acarol.* 18, 297–320.

- Medina, C.L., Rena, A.B., Siqueira, D.L., Machado, E.C., 2005. Fisiologia dos citros. In: Mattos Júnior, D., De Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Júnior, J. (Eds.), Org.), Citros. Instituto Agronômico/FUNDAG, Campinas, pp. 147–195.
- Monteiro, V.B., Lima, D.B., Gondim, M.G.C. Jr., Siqueira, H.A.A., 2012. Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. J. Econ. Entomol. 105, 1419–1425.
- Morais, P.L.D., Silva, G.G., Maia, E.N., Menezes J.B., 2009. Avaliação das tecnologias pós-colheita utilizadas e da qualidade de melões nobres produzidos para exportação. Ciênc. Tecnol. Aliment. 29, 214-218.
- Murray, M., 2000. Mechanisms of inhibitory and regulatory effects of methylenedioxyphenyl compounds on cytochrome P450-dependent drug oxidation. Curr. Drug. Metab. 1, 67–84.
- Navia, D., Moraes, G.J., Lofego, A.C., Flechtmann, C.H.W., 2013. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. Exp. Appl. Acarol. 59, 67–94.
- Navia, D., Moraes, G. J., Lofego, A. C., Flechtmann, C. H. W. 2005. Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. Neotrop. Entomol. 34, 349–354.
- Negloh, K., Hanna, R., Schausberger, P., 2011. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. Exp Appl Acarol. 55, 361–337.
- Oliveira, N.N.F.C., Galvão, S.A., Amaral, E.A., Santos, A.W.O., Sena-Filho, J.G., Oliveira, E.E., Teodoro, A.V., 2017. Toxicity of vegetable oils to the coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator. Exp Appl Acarol. 72, 23–34.
- Oliveira, D.C., Moraes, G.J., Dias, C.T.S., 2012. Status of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) as a pest of coconut in the state of São Paulo, Southeastern Brazil. Neotrop. Entomol. 41, 315-323.
- Papanastasiou, S.A., Bali, E.-M.D., Ioannou, C.S., Papachristos, D.P., Zarpas, K.D., Papadopoulos, N.T., 2017. Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). PloSOne. 5, 1-12.
- Passos, O.S., Cunha Sobrinho, A.P., Soares Filho, W.S., 2013. Cultivares copa, in: Cunha Sobrinho, A.P., Magalhães, A.F.J., Souza, A.S., Passos, O.S., Soares Filho, W.S. (Eds.), Cultura Dos Citros. EMBRAPA, Brasília, DF, pp. 293–319.
- Plata-Rueda, A., Campos, J.M., da Silva Rolim, G., Martínez, L.C., Dos Santos, M.H., Fernandes, F.L., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C., 2018. Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 156, 263–270.

- 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.
- Rezende, D., Melo, J.W.S., Oliveira, J.E.M., Gondim Jr., M.G.C., 2016. Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. *Exp. Appl. Acarol.* 69, 297–310.
- Ribeiro, R.C., Zanuncio, T.V., Ramalho, F.S., Silva, C.A.D., Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2015. Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. *Ind. Crops Prod.* 74, 139–143.
- Reis, A. C., Gondim Jr., M. G. C., Moraes, G. J., Hanna, R., Schausberger, P., Lawson-Balagbo, L. E., Barros, R. 2008. Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 37, 457–462.
- Santos, M.C., Teodoro, A.V., Menezes, M.S., Pinto-Zevallos, D.M., Arrigoni-Blank, M.F., Oliveira, E.M.C., Sampaio, T.S., Farias, A.P., Coelho, C.R., Blank, A.F., 2019. Bioactivity of essential oil from *Lippia gracilis* Schauer against two major coconut pest mites and toxicity to a non-target predator. *Crop Protec.* 125, 1-6.
- SAS, I., 2008. SAS/STAT User's guide, version 9.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- SAS, I., 2002. SAS/STAT Users guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Sato, M.E., Tanaka, T., Miyata, T., 2006. Monooxygenase activity in methidathion resistant and susceptible populations of *Amblyseius womerleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 39, 13–24.
- Saraiva, W.V.A., Vieira, I.G., Galvão, A.S., Amaral, E.A.Do., Rêgo, A.S., Teodoro, A.V., Dias-Pini, N.S., 2020. Lethal and sublethal effects of babassu and degummed soybean oils on the predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). *Interna. J. Acarol.* 1-5.
- Sena Filho, J.G., Barreto, I.C., Soares Filho, A.O., Nogueira, P.C.L., Teodoro, A.V., Cruz da Silva, A.V., Xavier, H.S., Rabbani, A.R.C., Spakowicz, D.J., Durringer, J.M., 2017. Volatile metabolomic composition of *Vitex* species: chemodiversity insights and acaricidal activity. *Front. Plant Sci.* 8, 1931.
- Silva, R.R.Da., Teodoro, A.V., Vasconcelos, J.F., Martins, C.R., Soares Filho, W.Dos.S., Carvalho, H.W.L.De., Guzzo, E.C., 2016. Citrus rootstocks influence the population densities of pest mites. *Crop Protec.* 46, 1-6.
- Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M, Antonelli A., 1997. Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxic. Environ. Saf.* 37, 273–279.

- Tak, J.H., Isman, M.B., 2017. Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Ind. Crops Prod.* 108, 786–792.
- Tarelli, G., Zerba, E. N., Alzogaray, R. A., 2009. Toxicity to vapor exposure and topical application of essential oils and monoterpenes on *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.* 102, 1383-1388.
- Teodoro, A.V., Carvalho, H.W.L.De., Barros, I., Carvalho, L.M.De., Martins, C.R., Soares Filho, W.Dos.S., Girardi, E.A., Passos, O.S., 2020. Performance of 'Jaffa' sweet orange on different rootstocks for orchards in the Brazilian Northeast. *Pesq. Agropec. bras.* 55, 1-7.
- Teodoro, A.V., Silva, M.J.S., Sena Filho, J.G., Oliveira, E.E., Galvão, A.S., Silva S.S., 2017. Bioactivity of cottonseed oil against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its side effects on *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). *Syst. Appl. Acarol.* 22, 1037–1047.
- Teodoro, A.V., Ferreira, J.M.S., Navia, D., Silva, S.S., 2015. Bioecologia e manejo dos principais ácaros-praga do coqueiro no Brasil. *Aracaju: Embrapa-CPATC*, 169, 12.
- Teodoro, A.V.; Tschardtke, T.; Klein, A.M., 2009. From the laboratory to the field: contrasting effects of multi-trophic interactions and agroforestry management on coffee pest densities. *Entomol. Experi. Appl.* 13, 121-129.
- Tsolakis, H., Ragusa, S., 2008. Effects of a mixture of vegetable and essential oils and fatty acid potassium salts on *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis*. *Ecotoxic. Environ. Saf.* 70, 276–282.
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauwa, W., Tirry, L., 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 40, 563–572.
- Vekiari, S. A., Protopapadakis, E. E., Papadopoulou, P., Papanicolaou, D., Panou, C., Vamvakias, A., 2002. Composition and seasonal variation of the essential oil from leaves and peel of a *Cretan lemon* variety. *J. Agric. Food Chem.* 50, 147–153.
- Verzera, A., Trozzi, A., Gazea, F., Ciccirello, G., Cotroneo, A., 2003. Effects of rootstock on the composition of bergamot (*Citrus bergamia* Risso et Poiteau) essential oil. *J. Agric. Food Chem.* 51, 206-210.
- Walthall, W.L., Stark, J.D., 1997. Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. *Environ. Toxic. Chem: an Intern. J.* 16, 1068–1073.
- Wang, C.F., Yang, K., Zhang, H.M., Cao, J., Fang, R., Liu, Z.L., Du, S.S., Wang, Y.Y., Deng, Z.W., Zhou, L., 2011. Components and insecticidal activity against the maize weevils of *Zanthoxylum schinifolium* fruits and leaves. *Molecules.* 16, 3077–3088.

Zhong, S., Ren, J., Chen, D., Pan, S., Wang, K., Yang, S., Fan, G., 2014. Free and bound volatile compounds in juice and peel of eureka lemon. *Food Sci. Technol. Res.* 20, 167–174.