



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

NEVILLE VIEIRA MONTEIRO

**RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:
Psyllidae) A COMPOSTOS VOLÁTEIS DE PLANTAS NÃO-HOSPEDEIRAS**

FORTALEZA

2023

NEVILLE VIEIRA MONTEIRO

RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama (HEMIPTERA:
PSYLLIDAE) A COMPOSTOS VOLÁTEIS DE PLANTAS NÃO-HOSPEDEIRAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Orientadora: Dr^a. Nivia da Silva Dias-Pini.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M778r Monteiro, Neville Vieira.
Resposta Comportamental de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) a Compostos
Voláteis de Plantas Não-hospedeiras / Neville Vieira Monteiro. – 2023.
41 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Nivia da Silva Dias-Pini.

1. Psilídeo-asiático-dos-citros. 2. Citricultura. 3. Semioquímicos . 4. Repelência. I. Título.

CDD 630

NEVILLE VIEIRA MONTEIRO

RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama (HEMIPTERA:
PSYLLIDAE) A COMPOSTOS VOLÁTEIS DE PLANTAS NÃO-HOSPEDEIRAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Orientadora: Dr^a. Nivia da Silva Dias-Pini

Aprovada em: 28/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Nivia da Silva Dias-Pini (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a. Rosenya Michely Cintra Filgueiras
Instituto Federal do Piauí (FAPEPI/IFPI)

Dr^a. Marilene Fancelli
Embrapa Mandioca e Fruticultura

Prof. Dr. José Bruno Malaquias
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia (PPGAF/UFC).

À Embrapa Agroindústria Tropical e à Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Ao CNPq, pelo fomento da bolsa de pesquisa.

Ao doutorando Vinícius Saraiva, pelo suporte na realização deste trabalho, pelas valiosas contribuições durante esta trajetória, por todo o apoio em diversos momentos e, sobretudo, pela amizade construída.

À orientadora Dr^a. Nívia da Silva Dias-Pini, pelas oportunidades e ensinamentos.

Ao Dr. Kirley Marques e a Msc. Ana Sheila de Queiroz, pelo auxílio na análise e identificação dos compostos voláteis deste trabalho.

À Dr^a Marilene Fancelli, pela solicitude e valiosas contribuições com o presente trabalho.

Ao Prof. Dr. José Bruno Malaquias, pela prestatividade e importantes contribuições com o presente trabalho.

À Dr^a Rosenya Filgueiras, por dispor de valorosas contribuições para o presente trabalho, por todos os conselhos e amizade.

Ao Msc e doutorando Lincon Matheus, pelas contribuições pertinentes com o presente trabalho e amizade.

Ao Prof. Dr. José Wagner, pelas disciplinas ministradas com maestria e que muito contribuíram para a minha formação.

Ao LABENTO, especialmente aos companheiros de laboratório Vinícius Saraiva, Gabriela Priscila, Jéssica Fontes, Poliana Duarte e Lucas Farias, pelas trocas e momentos de descontração.

Às minhas mães Cirlene e Diana, pelo apoio incondicional em todos os momentos e por sempre intercederem por mim.

À minha tia Celene, por todo o suporte dado e por me incentivar nos estudos.

Ao amigo Eduardo Pereira, pela ajuda em diversas situações, conselhos e momentos descontraídos.

Aos amigos e colegas de pós-graduação que vieram a somar durante esta trajetória, seja em períodos de estudos, conversas e momentos legais, em especial a Liliane Nunes, Paloma Eleutério, Edvânia Barros, Isabelle Abreu, Jamison Moura, Marta Noronha, Josivalter Araújo, Manoel Carlos, Raimundo Henrique, Wallysson Lima e Regimara Bernardo.

Aos amigos Ricardo, Diene e Camylla, por me ouvirem quando precisei e pelos momentos para desopilar.

Aos amigos de graduação Neto Nogueira e Natália Dantas, que mesmo distantes, ofereceram palavras encorajadoras.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

“Caminhante, não há caminho, o caminho se
faz ao andar.” (Antonio Machado)

RESUMO

A citricultura é uma importante atividade para o agronegócio brasileiro. No entanto, a ocorrência de insetos-praga e doenças ocasiona prejuízos aos pomares cítricos. Dentre os insetos-praga na citricultura, o psílídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) se destaca por ser vetor de *Candidatus Liberibacter* spp., bactérias associadas a doença HLB. Como alternativa para o controle do psílídeo, o estudo da influência de compostos orgânicos voláteis (COV's) de plantas não-hospedeiras no comportamento desta praga pode colaborar na redução da incidência do HLB na citricultura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta comportamental de *D. citri* diante de voláteis de plantas não-hospedeiras, tais como acerola, caju, goiaba e manga, bem como identificar os compostos químicos presentes na constituição volátil dessas plantas. Um olfatômetro de quatro braços foi utilizado para determinar as respostas comportamentais das fêmeas de *D. citri* aos voláteis. Três braços do olfatômetro contendo as plantas não-hospedeiras foram comparados com um braço controle (ar). Quatro séries de ensaios foram conduzidas: (1) caju versus ar, (2) manga versus ar, (3) acerola versus ar e (4) goiaba versus ar. Uma fêmea adulta de *D. citri* virgem com até 5 dias de idade, sem alimento por 24 horas, foi liberada através de um pequeno orifício na área central do olfatômetro. A exposição do inseto aos voláteis ocorreu durante 10 minutos, registrando-se o tempo de residência e número de entradas de *D. citri* nos braços do olfatômetro. A extração dos voláteis das plantas foi realizada por microextração em fase sólida com headspace (HS-SPME) e identificados por meio de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (GC-MS). Dados do tempo de residência de *D. citri* nos braços do olfatômetro foram submetidos a testes t pareados ($P < 0,05$). Os dados referentes ao número de entradas de *D. citri* nos braços do olfatômetro foram comparados por teste de χ^2 ($\alpha = 0,05$). Diferenças significativas foram observadas no tempo de residência para os tratamentos acerola versus ar e caju versus ar, onde *D. citri* permaneceu por mais tempo no braço controle. O número de entradas de fêmeas de *D. citri* nos braços do olfatômetro com mudas de acerola, caju e goiaba foi significativamente menor em relação ao braço controle. Para o tratamento manga versus ar não houve diferença significativa. A análise dos voláteis das plantas não-hospedeiras revelou a predominância de compostos da classe dos terpenoides. Dessa forma, é possível inferir que os compostos voláteis presentes em acerola, caju e goiaba são potenciais repelentes de *D. citri*.

Palavras-chave: Psílídeo-asiático-do-citros; citricultura; semioquímicos; repelência.

ABSTRACT

Citrus farming is an important activity for Brazilian agribusiness. However, the occurrence of insect pests and diseases causes losses to citrus orchards. Among the insect pests in citriculture, the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) stands out as a vector of *Candidatus Liberibacter* spp., bacteria associated with HLB disease. As an alternative for controlling the psyllid, studying the influence of volatile organic compounds (VOCs) from non-host plants on the behavior of this pest can help reduce the incidence of HLB in citriculture. Thus, the objective of this study was to evaluate the behavioral response of *D. citri* to volatiles from non-host plants, such as acerola, cashew, guava and mango, as well as to identify the chemical compounds present in the volatile constitution of these plants. A four-arm olfactometer was used to determine the behavioral responses of *D. citri* females to volatiles. Three olfactometer arms containing non-host plants were compared with a control arm (air). Four series of trials were conducted: (1) cashew versus air, (2) mango versus air, (3) acerola versus air, and (4) guava versus air. An adult female of virgin *D. citri* up to 5 days old, without food for 24 hours, was placed through a small hole in the central area of the olfactometer. The insect was exposed to volatiles for 10 minutes, recording the residence time and the number of entries of *D. citri* in the arms of the olfactometer. The extraction of plant volatiles was performed by headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and identified by gas chromatography coupled to a mass spectrometer (GC-MS). *D. citri* residence time data in the olfactometer arms were submitted to paired testes ($P < 0.05$). Data referring to the number of *D. citri* entries in the olfactometer arms were compared using the χ^2 test ($\alpha = 0.05$). Significant differences were observed in the residence time for the treatments acerola versus air and cashew versus air, in which *D. citri* spent more time in the control arm. The number of female entries of *D. citri* in the olfactometer arms with acerola, cashew and guava seedlings was significantly lower in relation to the control arm. For the mango versus air treatment, there was no significant difference. The analysis of volatiles from non-host plants revealed a predominance of terpenoid compounds. Thus, it is possible to infer that the volatile compounds present in acerola, cashew and guava are potentially repellent of *D. citri*.

Keywords: Asian citrus psyllid; citriculture; semiochemicals; repellence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (A) Tempo de residência e (B) número de entradas para fêmeas de <i>D. citri</i> em braços do olfatômetro tratados (acerola, caju, goiaba e manga) e controle (ar), com proporção de 75% para braços tratados e 25% para o controle.	23
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compostos voláteis de folhas de manga (<i>Mangifera indica</i>), goiaba (<i>Psidium guajava</i>), acerola (<i>Malpighia glabra</i>) e caju CCP76 (<i>Anacardium occidentale</i>) identificados por HS-SPME-GC-MS.....	24
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLam	<i>Candidatus</i> Liberibacter americanus
CLas	<i>Candidatus</i> Liberibacter asiaticus
EUA	Estados Unidos da América
Fundecitrus	Fundo de Defesa da Citrucultura
GC-MS	Gas Chromatography Mass Spectrometry
HLB	Huanglongbing
HS-SPME	Headspace-solid Phase Microextraction
SOLF	Sistema de Gerenciamento de Resultados para Bioensaios de Olfatometria

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae).....	14
2.2	Manejo do HLB	166
2.3	Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) de plantas.....	177
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	199
3.1	Obtenção das plantas não-hospedeiras	199
3.2	Criação dos insetos.....	199
3.3	Bioensaios de olfatométrica.....	200
3.4	Análise dos voláteis de folhas por HS-SPME e GC-MS	21
4	RESULTADOS.....	222
4.1	Bioensaios de olfatométrica.....	222
4.2	Identificação dos compostos voláteis	24
5	DISCUSSÃO.....	26
6	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS	311

1. INTRODUÇÃO

A citricultura representa uma atividade de destaque para o agronegócio brasileiro. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2023), o Brasil é responsável por 71,8% da produção mundial de suco de laranja e contribui com aproximadamente 35% da produção global de laranja fresca. Na safra de 2021/2022, foram exportadas 970.024 toneladas de suco de laranja concentrado congelado, tendo como principais destinos Europa, EUA e China, respectivamente, gerando receita de aproximadamente US\$ 1,6 bilhão (CITRUSB, 2022).

Por se tratar de uma cultura economicamente expressiva, o ataque de pragas e doenças pode ser um fator limitante. Dentre as doenças que afetam a cultura dos citros, o HLB ou Greening dos citros é considerada como aquela de maior potencial destrutivo nos pomares (BOVÉ, 2006). O HLB diminui a qualidade dos frutos e a produtividade do pomar, causando a morte das plantas em um curto período de tempo e gerando severos prejuízos econômicos aos produtores (BASSANEZI *et al.*, 2009). De acordo com o Fundecitrus de Defesa da Citricultura (2022), no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais, área que concentra a maior produção de laranja do país, a ocorrência média de laranjeiras com sintomas de HLB foi de 24,42%, o que representa 48,67 milhões de plantas doentes. O levantamento mostra ainda que, em relação ao ano de 2021, houve um aumento da incidência da doença nos pomares de citros, onde 22,37% das plantas haviam sido afetadas. Algumas regiões brasileiras produtoras de citros ainda não relataram a presença de HLB em seus pomares, como a do Estado da Bahia, quarto maior produtor de laranja do país (IBGE, 2021). Estimativas apontam que em 20 anos um prejuízo líquido de R\$ 1,837 bilhão poderá ocorrer, caso a doença se introduza no Estado e medidas de controle não sejam tomadas (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

O HLB possui como agente etiológico no Brasil as proteobactérias CLas e CLam (COLETTA-FILHO *et al.*, 2004; TEIXEIRA *et al.*, 2005), classificadas como gram-negativas e restritas ao floema das plantas (JAGOUEIX *et al.*, 1994), sendo CLas predominante nas áreas onde a ocorrência da doença é relatada (SANTOS FILHO *et al.*, 2009; GOTTWALD, 2010). A disseminação dessas bactérias está fortemente ligada à atuação de insetos vetores (GRAÇA, 1991; GRAÇA *et al.*, 2016). Assim como a maioria dos países acometidos por HLB, o Brasil apresenta como inseto vetor de CLas o psilídeo-asiático-dos-citros *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) (HALBERT & MANJUNATH, 2004; BOVÉ, 2006). O psilídeo-asiático-dos-citros foi registrado pela primeira vez no país em 1942 (COSTA LIMA, 1942). No ano de 2004, após a detecção de plantas contaminadas com as bactérias associadas ao HLB e,

comprovada a capacidade de *D. citri* de disseminar o patógeno, o psilídeo foi considerado praga-chave na cultura do citros (COLETTA-FILHO *et al.* 2004; PARRA *et al.*, 2010). Segundo Yamamoto *et al.* (2008), a existência da praga no cultivo, mesmo que abaixo do nível de dano econômico, é capaz de elevar os níveis de infecção no pomar.

Por não haver tratamento para o HLB, atualmente o manejo da doença é baseado no uso de inseticidas para reduzir a população do vetor *D. citri* (GRAFTON-CARDWELL *et al.*, 2013). No entanto, o uso frequente e indiscriminado desses produtos pode gerar efeitos deletérios ao meio ambiente, insetos benéficos, solo e água, além de induzir a resistência de pragas a moléculas químicas, tornando-as ineficazes (BASS & FIELD, 2011; TIWARI *et al.*, 2011; ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE, 2022).

Diante disso, alternativas como o controle comportamental utilizando plantas repelentes vêm sendo estudadas com o intuito de atenuar a infestação e dispersão do psilídeo (HALL *et al.*, 2008; FANCELLI *et al.*, 2018; ANTWI-AGYAKWA *et al.*, 2021). A diversificação do cultivo através da introdução de plantas companheiras na área é um método alternativo aos inseticidas químicos para reduzir o número de insetos-praga (PARKER *et al.*, 2013). De acordo com Vandermeer (1989), a redução no número de insetos-praga pode estar associada ao cultivo de uma cultura intercalar não-hospedeira dentro da cultura principal. Evolutivamente, as plantas desenvolveram estratégias de defesa contra a herbivoria por meio de mecanismos químicos e morfológicos (DUDAREVA *et al.*, 2006). A abundância de substâncias químicas presentes no metabolismo secundário das plantas possibilita a defesa vegetal (MORAES *et al.*, 1998).

Constitutivamente, a defesa vegetal é realizada por compostos ou substâncias produzidas pelas próprias plantas, capazes de afetar a biologia, o desenvolvimento e a reprodução de insetos fitófagos (KARBAN & BALDWIN, 1997). Para Cook *et al.* (2007), estímulos como os semioquímicos podem gerar respostas comportamentais nos insetos, tais como repelência, atração e inatividade. A repelência de insetos-praga à base de voláteis de plantas não-hospedeiras vem se mostrando bastante promissora. Gottwald *et al.* (2010) relataram uma interação observada por agricultores entre plantas cítricas e goiabeiras intercaladas no Vietnã, na qual a prática contribuiu para a baixa incidência de HLB nas plantas cítricas e trouxe uma longevidade muito maior ao pomar. O composto (E)- β -cariofileno atualmente é o composto presente na goiabeira mais averiguado para a repelência de *D. citri* (ALQUÉZAR *et al.*, 2017; PATT *et al.*, 2018). Trabalhos com espécies não-hospedeiras pouco exploradas também estão sendo desenvolvidos no intuito de identificar atividade repelente à *D. citri*, bem como os compostos orgânicos voláteis presentes na composição química dessas plantas. Por apresentarem potencial econômico e

possibilidade de cultivo consorciado com plantas cítricas, espécies não-hospedeiras como acerola, caju e manga podem ser promissoras em sistemas de cultivo misto. Fancelli *et al.* (2018) realizaram testes com voláteis de caju, goiaba e manga, a fim de verificar a resposta comportamental de *D. citri* frente a essas espécies. No presente estudo, testes similares aos de Fancelli *et al.* (2018) foram elaborados, empregando variedades diferentes das espécies que foram utilizadas pelos autores e acrescentando acerola nos bioensaios.

Segundo Altieri *et al.* (2007), a diversidade vegetal exerce efeito sobre o comportamento de seleção hospedeira dos insetos herbívoros, evitando que esses insetos-praga encontrem seus hospedeiros. A implementação de plantas repelentes no cultivo pode ser de grande valia para o sistema *push-pull*, que possibilita o emprego de uma planta não hospedeira (repelente) na área central, em consórcio com o cultivo, e um componente atraente na bordadura (COOK *et al.*, 2007). A compreensão acerca de plantas repelentes é importante para a manipulação do comportamento do inseto-praga, podendo ser aliada a outras técnicas do manejo integrado de pragas, além de ser uma alternativa eficiente, minimizando os efeitos negativos causados pelo uso de inseticidas químicos (SHIN-FOON & YU-TONG, 1993).

Com base no exposto acima, fica claro que plantas não-hospedeiras apresentam potencial de utilização em programas de controle de *D. citri*. Portanto, este trabalho têm como objetivos: avaliar a resposta comportamental de *D. citri* diante de voláteis de plantas não-hospedeiras, tais como acerola, caju, goiaba e manga, bem como identificar os compostos químicos presentes na constituição volátil dessas plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae)

O psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama, (Hemiptera: Liviidae), também conhecido como psilídeo-asiático-dos-citros, é considerado um inseto-praga chave da citricultura devido a sua capacidade de hospedar e ser vetor de CLas (CAPOOR *et al.*, 1967) e CLam (YAMAMOTO *et al.*, 2006), bactérias associadas ao HLB, considerada a doença mais devastadora do citros em todo o mundo (BOVÉ, 2006; PARRA *et al.*, 2010). O sul do continente asiático foi relatado como centro de origem de *D. citri* (HOLLIS, 1987). A espécie foi notificada pela primeira vez no Brasil em 1942, cujo relato também foi o primeiro do continente americano (COSTA LIMA, 1942). A família botânica Rutaceae é conhecida por ser a principal hospedeira de *D. citri* (PARRA *et al.*, 2010) e abrange mais de 150 gêneros e 2000 espécies (SWINGLE, 1943; MORTON & TELMER, 2014). Em meio às rutáceas, o gênero *Citrus* possui diversas

espécies frutíferas de grande importância comercial (GROPPO *et al.*, 2008)

De acordo com Gallo *et al.* (2002), os psílídeos são classificados como sugadores da seiva de plantas, possuindo três ocelos, antenas filiformes longas, rostró curto com três segmentos e pernas posteriores do tipo saltatórias. Os adultos medem entre 2,8 a 3,2 mm e as formas jovens apresentam coloração marrom-clara e manchas escuras (GALLO *et al.*, 2002). No estágio ninfal, do primeiro ao quinto instar, medem entre 0,3 a 1,6 mm (TSAI e LIU, 2000). Quando está em repouso na planta, *D. citri* mantém o primeiro par de pernas flexionado, formando um ângulo de 45° em relação ao hospedeiro (BLACKWELL, 2005). Podem apresentar variação na coloração do abdômen, onde a tonalidade amarelo/alaranjada nas fêmeas indica fecundidade e acasalamento (WENNINGER & HALL, 2008; WENNINGER *et al.*, 2009). Nava *et al.* (2007) informam que temperaturas em torno de 24 a 28° C foram as mais propícias ao desenvolvimento do psílídeo. Em campo, *D. citri* apresenta as maiores variações populacionais durante o período vegetativo das plantas (YAMAMOTO *et al.*, 2001), visto que a espécie é atraída pelos voláteis liberados durante o fluxo vegetativo, acasalando e depositando ovos nas novas brotações (PATT & SÉTAMOU, 2010; PARRA *et al.*, 2010).

O psílídeo-asiático-dos-citros pode ocasionar danos diretos às plantas durante a alimentação, decorrentes da sucção da seiva, deformando as folhas jovens e causando engruvinhamento (GALLO *et al.*, 2002). No entanto, a transmissão das bactérias associadas ao HLB por *D. citri* eleva a importância dos danos indiretos (HALBERT & MANJUNATH, 2004). A transmissão da bactéria para as plantas mediada por *D. citri* é iniciada com a alimentação do psílídeo em plantas já infectadas pelo patógeno. Uma vez que ocorre a sucção da seiva de plantas doentes, o patógeno passa a se multiplicar no corpo do psílídeo durante um período de latência e, ao se alimentar de plantas saudáveis, ocorre a inoculação do patógeno (INOUE *et al.*, 2009). Segundo Ammar *et al.* (2011), a interação entre o psílídeo-asiático-dos-citros e CLAs é do tipo persistente, em que os insetos continuam infecciosos enquanto estão vivos. As ninfas possuem maior capacidade de aquisição das bactérias em comparação com os adultos (YAMAMOTO *et al.*, 2006; INOUE *et al.*, 2009). Entretanto, apenas no 4° e 5° instares estão aptas para a transmissão (XU *et al.*, 1988; INOUE *et al.*, 2009).

Um importante aspecto do HLB nos pomares relatado por Gottwald & Irey (2008), é o efeito de borda, caracterizado pela concentração de plantas sintomáticas nas bordas dos talhões. As plantas infectadas pelo HLB geralmente apresentam amarelecimento em um galho individual ou em parte da copa da árvore, padrão que originou a denominação “doença do broto amarelo” (LIN, 1956; ZHAO, 2006). O sintoma típico do HLB é o mosqueamento, onde as folhas desenvolvem áreas amarelas e verdes sem limites definidos entre as cores (MCCLEAN

& SCHWARZ, 1970; COLETTA-FILHO *et al.*, 2004; BOVÉ, 2006). A aparência clorótica das folhas se assemelha a induzida por deficiências nutricionais, como a que ocorre por déficit de zinco (GRAÇA, 1991; MCCOLUM & BALDWIN, 2016; ALBRECHT *et al.*, 2016). As árvores acometidas por HLB produzem flores fora da estação, onde a maioria cai precocemente (NEHELA & KILLINY, 2020). Os frutos costumam ficar assimétricos, deformados e pequenos, além de apresentarem altos níveis de acidez, maturação irregular e queda precoce (AUBERT, 1992; WANG & TRIVEDI, 2013). No geral, nota-se que as árvores infectadas pelo HLB são atrofiadas e menores em comparação com aquelas livres da doença, apresentando uma elevada mortalidade dos galhos (NEHELA & KILLINY, 2020).

2.2 Manejo do HLB

Atualmente, todas as espécies cítricas de interesse comercial apresentam suscetibilidade ao patógeno do HLB e ao inseto-vetor da doença (ALBRECHT & BOWMAN, 2011). O controle do patógeno por meio de testes com antibióticos se mostrou ineficiente, onde uma reincidência dos sintomas depois de alguns meses foi constatada (HU *et al.*, 2018). Devido à inexistência de cura para as plantas acometidas por esse patógeno, as táticas de manejo do HLB mais usuais estão pautadas no plantio de mudas sadias, erradicação de árvores e controle de vetores infectados (BOVÉ, 2006; PAGLIACCIA *et al.*, 2017). O levantamento da proporção de plantas sintomáticas e assintomáticas é fator condicionante para uma tomada de decisão, visto que a alta infestação da doença acarreta a eliminação do pomar (BOVÉ, 2006; GOTTWALD *et al.*, 2007).

Devido ao fato de o inseto vetor se alastrar rapidamente pelos pomares cítricos (FERNANDES, 2004), a aplicação de inseticidas no manejo de *D. citri* tem sido o principal meio de controle desse inseto-praga (BOINA & BLOOMQUIST, 2015). No entanto, o uso prolongado e massivo dos químicos sintéticos pode aumentar a resistência da praga, além de causar poluição ambiental e desequilíbrio do ecossistema (CHEN & STELINSKI, 2017). Além disso, o impacto dos inseticidas se estende aos inimigos naturais específicos para *D. citri*, a exemplo do ecparasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), importante agente utilizado em programas de controle biológico no Brasil (BELOTI *et al.*, 2015; DINIZ *et al.*, 2012).

A exploração da resistência de plantas à *D. citri* se apresenta como uma possibilidade de convivência com o HLB. A resistência de plantas a insetos é um método vantajoso por possuir baixo custo e ser menos poluente, além de atuar em consonância com diferentes métodos de controle (LARA, 1991; SMITH & CLEMENT, 2012). A seleção de porta-enxertos

adequados contribui com melhores propriedades para a variedade copa, como a resistência ou tolerância a doenças (POMPEU JUNIOR, 2005). Experimentos conduzidos em casa de vegetação nos EUA verificaram que o híbrido US-897 (*Citrus reticulata* × *Poncirus trifoliata*) mostrou-se tolerante ao HLB (ALBRECHT & BOWMAN, 2011). Além disso, alguns acessos de *P. trifoliata*, hospedeiros não-preferenciais de *D. citri*, exibiram graus variados de efeitos antibiótico e antixenótico sobre o inseto-praga (FELISBERTO *et al.*, 2019; GEORGE e LAPOINTE, 2019; HALL *et al.*, 2019). Entretanto, ainda não foi elucidado se tais efeitos podem estar associados a causas bioquímicas ou físicas (ALQUÉZAR *et al.*, 2021).

O controle comportamental de *D. citri* também representa uma alternativa viável no manejo do HLB. A influência que os compostos voláteis de plantas não-hospedeiras exercem sobre o comportamento de *D. citri* vem mostrando resultados muito promissores, sobretudo no que diz respeito à repelência à praga (ZAKA *et al.*, 2010; ALQUÉZAR *et al.*, 2017; FANCELLI *et al.*, 2018). O conhecimento acerca das funções dos voláteis das plantas é um dos fatores que possibilita a implementação do método *push-pull* no controle de pragas (RIFFEL & DA COSTA, 2015). A estratégia *push-pull* baseia-se em estímulos reguladores do comportamento de insetos para manipular a população de insetos-praga, utilizando recursos para repulsão da cultura alvo (plantas repelentes e compostos voláteis) e uma fonte que atraia o inseto para fora da cultura alvo (plantas armadilhas) através de pistas olfativas (COOK *et al.*, 2007; PINTO-ZEVALLOS & ZARBIN, 2013). Por fim, vale salientar que os semioquímicos reguladores do comportamento no método *push-pull* geralmente são atóxicos para os inimigos naturais, apresentam elevada eficácia e são toleráveis no ambiente (SONG *et al.*, 2022).

2.3 Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) de plantas

Compostos orgânicos voláteis são substâncias lançadas na atmosfera na forma de gases ou vapores (MAURYA, 2020). A maior parte dos COV's presentes na atmosfera é proveniente do metabolismo secundário das plantas (GUENTHER *et al.*, 1995). Segundo Cardoso-Gustavson *et al.* (2014), uma determinada espécie botânica pode emitir centenas de COV's. Dentre os compostos emitidos pelos vegetais, é possível citar os alcaloides, fenólicos, nitrogenados, terpenoides e voláteis de folhas verdes derivados de ácidos graxos (GLVs) (FARMER, 2014).

Os COV's liberados pelas plantas podem ser induzidos por diferentes fatores, dentre eles pode-se destacar a herbivoria, que indiretamente promove a produção e liberação de voláteis capazes de desempenhar um importante papel nas interações tritróficas, agindo como

repelentes de insetos-praga e atraindo os inimigos naturais (ARIMURA *et al.*, 2009; TURLINGS & ERB, 218). Ademais, esses compostos podem ser emitidos constitutivamente, no decorrer do ciclo de vida do vegetal (LORETO & SCHNITZLER, 2010). Os voláteis constitutivos de plantas têm a capacidade de afetar de forma direta a biologia e a seleção hospedeira dos insetos, gerando barreiras físicas ou químicas, seja através da produção de substâncias tóxicas e/ou deterrentes (BALDWIN & PRESTON, 1999).

Devido ao elevado potencial que voláteis liberados por vegetais apresentam no controle comportamental de insetos-praga, estudos voltados para o emprego dessa estratégia no controle de *D. citri* vêm sendo frequentemente desenvolvidos. O olfato dos insetos desempenha um papel regulador dos seus hábitos comportamentais, influenciando no encontro de hospedeiros, parceiros sexuais e locais adequados para oviposição (GADENNE *et al.*, 2016). Portanto, bioensaios utilizando sistemas de olfatometria têm sido aplicados para *D. citri* a fim de verificar a resposta comportamental do inseto frente aos voláteis de plantas (ONAGBOLA *et al.*, 2011; MANN *et al.*, 2011; FANCELLI *et al.*, 2018, YAN *et al.*, 2020).

Dessa forma, COV's oriundos de plantas não-hospedeiras podem ser usados para mascarar o odor de plantas hospedeiras (ZHANG & SCHLYTER, 2004). O arranjo de plantas não-hospedeiras com plantas cítricas mostra resultados satisfatórios para a repelência à *D. citri*. Estudos em laboratório e em campo comprovam que os compostos voláteis de goiaba foram eficazes na repelência a *D. citri*, diminuindo assim a ocorrência do HLB (BARMAN *et al.*, 2016; GOTTWALD *et al.*, 2014). Observou-se ainda que os terpenoides são os principais constituintes voláteis presentes na goiabeira, sendo o (*E*)- β -cariofileno o principal componente volátil (DE SOUZA *et al.*, 2018; LING *et al.*, 2022). Além disso, os voláteis (*E*)- β -cariofileno e dissulfeto de dimetila (DMDS) foram relatados como repelentes a *D. citri* em goiaba (OGNABOLA *et al.*, 2011; ALQUÉZAR *et al.*, 2017). Ling *et al.* (2022), em pesquisa subsequente mostrou que plantas cítricas possuem capacidade de interceptar voláteis da goiabeira para estimular suas defesas contra herbívoros, tais como (*E*)- β -cariofileno e (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT).

Na constituição volátil das plantas pode haver misturas complexas de compostos (VIS-SER, 1986). Ao observarem o potencial repelente do cajueiro a *D. citri*, Fancelli *et al.* (2018) testaram os terpenoides (*E*)-4,8-dimetilnona-1,3,7-trieno (DMNT) e (*E,E*)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno (TMTT), de maior abundância na composição volátil da espécie, juntamente com extratos de laranja doce e murta (controle), que resultou na preferência de *D. citri* pelo controle. O entendimento do comportamento dos insetos diante de misturas de COV's

liberados por plantas hospedeiras e não-hospedeiras é fundamental para desenvolver estratégias menos danosas de controle de pragas (PICKETT *et al.*, 2012).

Estudos envolvendo plantas transgênicas para aumentar a produção de compostos voláteis com repelência a *D. citri* podem representar grande avanço para o manejo do HLB. Alquézar *et al.*, (2021) geraram linhagens de laranja doce transgênicas para emitir de forma constitutiva o composto (*E*)- β -cariofileno, de comprovada atividade repelente à *D. citri* e os testes mostraram que os psilídeos foram repelidos pelas plantas geneticamente modificadas.

Diante do exposto é notório que, a identificação, quantificação e avaliação dos voláteis envolvidos nas interações entre plantas e herbívoros é o primeiro passo na elaboração de estratégias baseadas na manipulação do comportamento de busca de hospedeiros (SZENDREI & RODRIGUEZ-SAONA, 2010).

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção das plantas não-hospedeiras

As mudas de acerola - clone BRS 236 (*Malpighia glabra*), caju - cajueiro-anão-precoce CCP 76 (*Anacardium occidentale*), goiaba - variedade Paluma (*Psidium guajava*) e manga - variedade Coité (*Mangifera indica*) utilizadas para coleta de voláteis foram cedidas pelo banco de germoplasma da Embrapa Agroindústria Tropical (4° 10'35 "S; 38 ° 28'19" W; 79 m de altitude). Todas as plantas foram produzidas por propagação vegetativa (enxertia). As mudas de cajueiro foram cultivadas em tubetes contendo substrato de casca de arroz carbonizada (*Oryza sativa* L.), bagaço de carnaúba moída (*Copernicia prunifera* L.) e solo hidromórfico (3: 2: 2). As mudas de goiaba foram cultivadas em tubetes e as mudas de acerola e manga foram cultivadas em sacos, contendo fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), bagaço de carnaúba moída (*Copernicia prunifera* L.) e substrato comercial (turfa fértil). Dez plantas de cada espécie foram mantidas em casa de vegetação telada, visando à proteção contra danos ocasionados por artrópodes-praga.

3.2 Criação dos insetos

Os insetos de *D. citri* foram coletados de uma criação estabelecida em plantas de murta (*Murraya paniculata*), hospedeiro favorável à espécie (PATT & SÉTAMOU, 2010), pertencente ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foram utilizadas gaiolas de armação em PVC (47 cm x 47 cm x 47 cm) com tela antiafídica contendo quatro plantas de murta. A criação foi mantida sob condições controladas (temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade

relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Os processos empregados na criação foram padronizados seguindo a metodologia adotada no laboratório (SKELLEY & HOY, 2004). As plantas de murta foram podadas e adubadas 15 dias antes de serem utilizadas, para estimular a formação de brotações e folhas novas, de modo a servir como fonte de alimento e oviposição do inseto. As plantas foram mudadas conforme o ciclo de desenvolvimento do inseto.

A coleta dos adultos recém-emergidos foi feita utilizando um sugador entomológico. Os indivíduos obtidos foram submetidos à sexagem, no intuito de selecionar fêmeas. Estas foram mantidas em gaiolas (47 cm x 47 cm x 47 cm) contendo duas mudas de murta como fonte de alimento. Nos bioensaios foram utilizadas apenas fêmeas virgens, que apresentam órgãos sensoriais mais ativos que aquelas copuladas, com idade de 4 a 7 dias após a emergência, onde acontece a maturação sexual (WENNINGER & HALL, 2008).

3.3 Bioensaios de olfatometria

Um olfatômetro de quatro braços (16,5 x 16,5 cm) (PETTERSSON, 1970) confeccionado em acrílico e vidro foi utilizado para determinar as respostas comportamentais das fêmeas de *D. citri* aos voláteis de acerola, caju, goiaba e manga. A peça de acrílico (escavada em forma de x) foi mantida entre duas placas de vidro, sendo o conjunto preso por meio de quatro cliques. Os bioensaios foram realizados sob condições controladas ($27 \pm 1^\circ \text{C}$, $70 \pm 5\%$ UR) em uma gaiola de alumínio (60 x 60 x 76 cm) equipada com duas lâmpadas fluorescentes de 70 W, instaladas a aproximadamente 45 cm acima do olfatômetro.

Inicialmente, três braços do olfatômetro contendo voláteis de cada uma das quatro espécies de plantas foram comparados com um braço controle (ar). Quatro séries de ensaios foram conduzidas: (1) caju versus ar, (2) manga versus ar, (3) acerola versus ar e (4) goiaba versus ar. Para o fornecimento das fontes de odor (voláteis), a parte aérea (folhas) das mudas de diferentes espécies foram individualizadas em sacos de poliéster (100%, 27 cm x 41 cm) fechados hermeticamente no caule das plantas com fita colante. Os sacos foram interligados ao olfatômetro por meio de mangueiras de Teflon[®] PTFE. O ar foi purificado com carvão ativado e umidificado, percorrendo o sistema através de uma bomba de ar equipada com medidores de vazão ajustados em 250 ml/min para cada braço do olfatômetro, conforme Fancelli et al., (2018).

Para cada bioensaio, uma única fêmea adulta de *D. citri* com até 5 dias de idade e virgem, sem alimento por 24 horas, foi liberada através de um pequeno orifício na área central do olfatômetro. A exposição do inseto aos voláteis ocorreu durante 10 minutos e a cada bioensaio

o olfatômetro foi girado em 90°, de modo a evitar a influência da posição. A escolha da fêmea foi levada em consideração quando houve o cruzamento da linha delimitada, na qual os quatro braços do olfatômetro se distribuía. Através do software SOLF versão 7.0 (FANCELLI *et al.*, 2017) foram registrados o número de entradas e o tempo gasto de *D. citri* nos braços do olfatômetro.

Os dados referentes ao número de entradas de *D. citri* nos braços do olfatômetro (tratamento e controle) foram comparados por meio de um teste de χ^2 ($\alpha = 0,05$) com ajuste de probabilidades esperadas de 25% para o controle e 75% para a planta alvo. Para isso, a frequência de cada espécime em 25% de braço controle (um) foi comparada com frações esperadas de 75% para braços emissores de voláteis de acerola, caju, goiaba e manga (três). O tempo gasto em minutos por *D. citri* ou período de residência em braços de tratamento e controle foram submetidos a testes t pareados ($P < 0,05$), como descrito previamente (TOGNI *et al.*, 2010; HEGDE *et al.*, 2011). Assim, o tempo de permanência nos braços tratados foram obtidos como um valor médio. Insetos não responsivos, representados por aqueles que permaneceram por mais de 2 minutos na área central do olfatômetro e os que permaneceram imóveis (sem caminamento) foram eliminados das análises. Todas as análises foram realizadas através do software estatístico R (R CORE TEAM, 2021).

3.4 Análise dos voláteis de folhas por HS-SPME e GC-MS

A extração dos voláteis das mudas de manga, goiaba, acerola e caju foi realizada pelo emprego do método de microextração em fase sólida com *headspace* (HS-SPME). A identificação dos compostos extraídos foi realizada por meio de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (GC-MS). Amostras de 0,5 g de folhas foram colocadas em frascos tipo vials para SPME, em quintuplicatas biológicas para cada uma das quatro espécies. Em seguida, os frascos foram selados e direcionados para o amostrador automático para a etapa de equilíbrio (*headspace*) por 30 min a 30 °C. Na etapa de extração, uma fibra de SPME com fase estacionária de divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) 50/30 μm de 1 cm (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) foi inserida no *vial* para extração dos voláteis a 30 °C por mais 15 min. Os analitos foram dessorvidos inserindo a fibra SPME no injetor do GC a 260 °C por 3 minutos.

A análise por GC-MS foi realizada em um instrumento Agilent modelo GC-7890B/MSD-5977A (quadrupolo), operando no modo ionização por elétrons a 70 eV, coluna HP-5MS metilpolissiloxano (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm , Agilent), gás carreador hélio com fluxo 1,00 mL.min⁻¹, temperaturas do quadrupolo e linha de transferência a 150 °C e 280 °C,

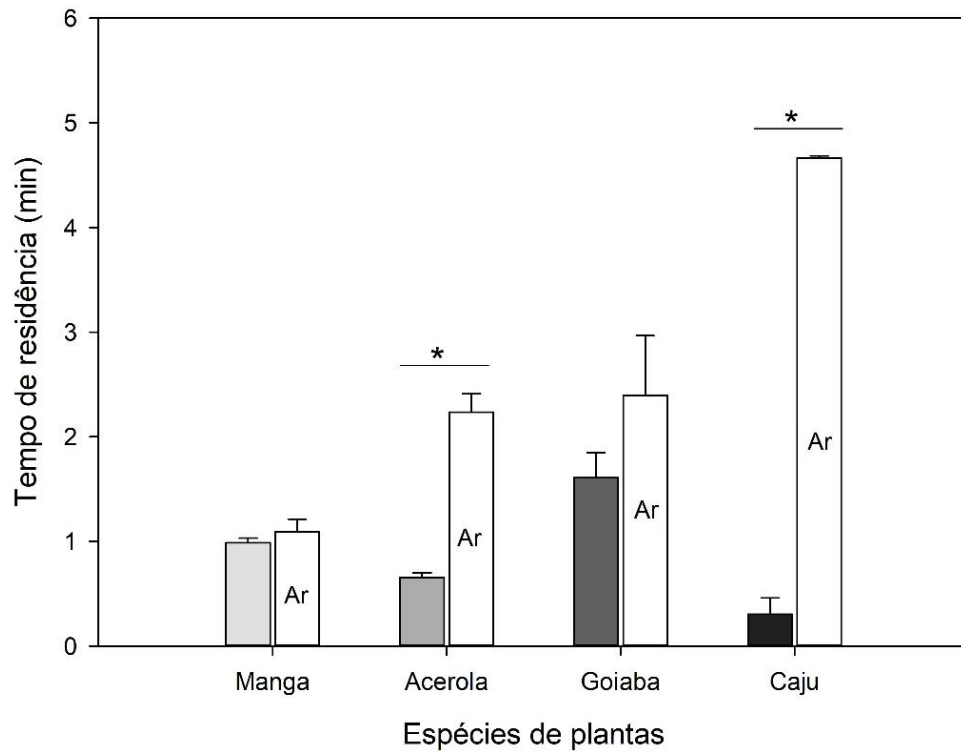
respectivamente. Utilizou-se a seguinte programação do forno cromatográfico: temperatura inicial de 40 °C, com rampa de aquecimento de 7 °C.min⁻¹ até 260 °C por 5 min ao término da corrida (ROUSEFF *et al.*, 2008). A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas e comparados aos compostos presentes na base de dados fornecida pelo equipamento (NIST versão 2.0 de 2012 – 243.893 compostos), e de dados da literatura (ADAMS, 2017).

4. RESULTADOS

4.1 Bioensaios de olfatometria

Diferenças significativas foram observadas em relação ao tempo de residência para os tratamentos acerola x ar e caju x ar, onde *D. citri* permaneceu mais tempo no braço controle (ar) (acerola: $t = 2,315$; $df = 19$; $P = 0,019$) (caju: $t = 2,485$; $df = 20$; $P > 0,0001$) (Figura 1A). Não houve diferença significativa nos tratamentos goiaba x ar e manga x ar (goiaba: $t = 1,07$; $df = 22$; $P = 0,148$) (manga: $t = 1,13$; $df = 21$; $P = 0,266$) (Figura 1A). Também foi possível observar que o número de entradas de fêmeas de *D. citri* nos braços do olfatômetro que receberam as mudas de acerola, caju e goiaba foi significativamente menor quando comparado ao braço que recebeu somente ar (controle) ($\chi^2 = 27,00$; $df = 1$; $P < 0,0001$; $\chi^2 = 7,82$; $df = 1$; $P < 0,0001$; $\chi^2 = 20,28$; $df = 1$; $P = 0,0049$, respectivamente) (Figura 1B). Entretanto, para o tratamento manga x ar não houve diferença significativa ($\chi^2 = 2,78$; $df = 1$; $P = 0,0953$).

(A)



(B)

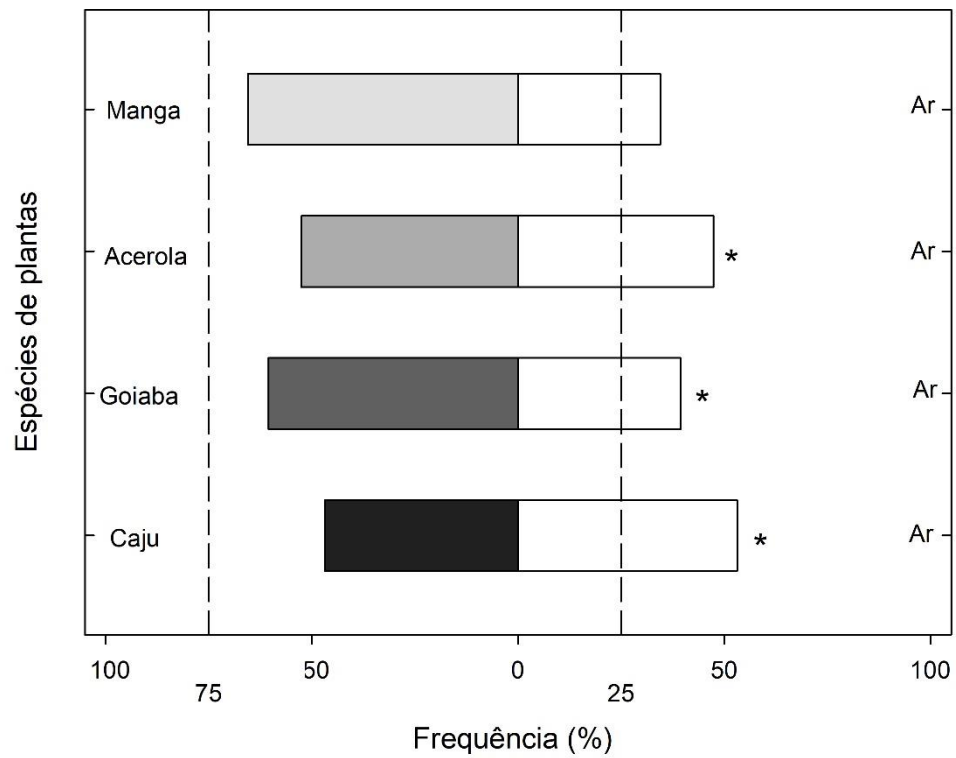


Figura 1. (A) Tempo de residência e (B) número de entradas para fêmeas de *D. citri* em braços do olfatômetro tratados (acerola, caju, goiaba e manga) e controle (ar), com proporção de 75% para braços tratados e 25% para o controle.

4.2 Identificação dos compostos voláteis

Na Tabela 1 são listados os compostos voláteis identificados nas folhas de mudas de manga, goiaba, acerola e caju, por HS-SPME-GC-MS, utilizando a fibra DVB/CAR/PDMS. Além disso, são apresentados os valores de área relativa para cada composto, bem como o índice de Kovats experimental e da literatura.

Tabela 1. Compostos voláteis de folhas de manga (*Mangifera indica*), goiaba (*Psidium guajava*), acerola (*Malpighia glabra*) e caju CCP76 (*Anacardium occidentale*) identificados por HS-SPME-GC-MS.

Compostos	KI ^a	KI _{lit}	Conteúdo relativo (%) ^g			
			Manga	Goiaba	Acerola	Caju
α -Pinenob	939	939	0,94 \pm 0,44	-	2,81 \pm 0,22	18,48 \pm 8,74
Canfenob	955	954	0,11 \pm 0,07	-		0,24 \pm 0,11
β -Pinenob	981	979	0,21 \pm 0,24	-		1,25 \pm 0,72
β -Mircenob	994	990	3,01 \pm 1,05	0,13 \pm 0,05	2,01 \pm 0,0	1,26 \pm 0,61
δ -3-Carenob	1021	1011	22,15 \pm 6,12	0,63 \pm 0,17	70,51 \pm 0,0	0,43 \pm 0,36
<i>p</i> -Cimenob	1026	1024	-	-	1,70 \pm 0,0	-
<i>o</i> -Cimenob	1030	1026	0,46 \pm 0,16	0,07 \pm 0,02	0,90 \pm 0,16	-
Limonenob	1035	1029	2,31 \pm 0,61	0,33 \pm 0,07	1,99 \pm 0,22	-
Eucaliptol ^c	1036	1038	-	1,10 \pm 0,55		-
cis- β -Ocimenob	1041	1037	-	1,47 \pm 1,21		-
trans- β -Ocimenob	1052	1050	0,14 \pm 0,03	0,24 \pm 0,06		57,16 \pm 11,03
γ -Terpinenob	1064	1059	0,12 \pm 0,02	-		-
Terpinolenob	1093	1088	2,92 \pm 1,01	-		0,25 \pm 0,14
1,3,8- <i>p</i> -Mentatrienob	1130	1132	-	-		0,18 \pm 0,02
Allo-ocimenob	1138	1132	-	0,14 \pm 0,17		0,89 \pm 0,26
2,6-Dimetil-1,3,5,7-octatetraeno, E,E ^b	1135	1134	-	0,88 \pm 0,97		-
Neo-allo-ocimenob	1150	1144	-	0,20 \pm 0,33		1,60 \pm 0,25
3-Z-Hexenyl butanoato ^d	1191	1186	-	-		0,92 \pm 0,57
δ -Elemenoe	1345	1338	0,14 \pm 0,06	-		-
α -Cubebenoe	1357	1351	0,06 \pm 0,01	-		-
α -Ylangenoe	1381	1375	-	-		0,23 \pm 0,13
Isoledenoe	1381	1376	0,23 \pm 0,03	-		-
α -Copaenoe	1385	1376	0,67 \pm 0,42	10,37 \pm 1,89		0,60 \pm 0,47
β -Elemenoe	1399	1390	0,57 \pm 0,28	-		-
Isocariofilenoe	1416	1408	-	0,44 \pm 0,02		-

α -Gurgujeno ^e	1424	1409	15,67 ± 1,69	1,04 ± 0,07	12,00 ± 1,11	-
β -Cariofileno ^e	1433	1419	16,74 ± 3,84	47,04 ± 3,35	3,85 ± 1,49	3,93 ± 2,11
γ -Elemeno ^e	1443	1436	-	-		0,78 ± 0,33
β -Gurgujeno ^e	1444	1433	-	0,34 ± 0,07		-
Aromadendreno ^e	1451	1441	1,42 ± 0,43	7,29 ± 0,40		0,35 ± 0,45
Myrtalyl-4(12)-eno ^e	1455	1447	0,36 ± 0,11	-		-
6,9-Guaiadieno ^e	1461	1444	-	0,33 ± 0,07		0,20 ± 0,09
α -Cariofileno ^e	1466	1454	10,16 ± 2,06	5,10 ± 0,20	1,23 ± 0,60	0,58 ± 0,24
Allo-aromadendreno ^e	1474	1460	1,30 ± 0,24	0,95 ± 0,08		-
4,5-di-epi-Aristolocheno ^e	1479	1473	-	0,23 ± 0,03		-
γ -Gurgujeno ^e	1483	1477	1,53 ± 0,38	-		-
γ -Muuroloeno ^e	1487	1479	-	1,93 ± 0,46		1,08 ± 0,37
α -Amorfenol ^e	1490	1484	-	-		0,19 ± 0,05
cis- β -Guaieno ^e	1497	1493	-	-		0,39 ± 0,08
β -Selineno ^e	1499	1490	9,84 ± 2,31	6,32 ± 1,33	3,00 ± 0,0	-
α -Selineno ^e	1508	1498	-	6,73 ± 1,31		1,45 ± 0,74
Viridifloreno ^e	1507	1496	4,70 ± 0,58	-		-
α -Muuroloeno ^e	1507	1500	-	0,49 ± 0,05		-
δ -Amorfenol ^e	1517	1512	-	-		0,24 ± 0,09
γ -Cadineno ^e	1525	1513	-	0,54 ± 0,07		0,49 ± 0,20
7-epi- α -Selineno ^e	1530	1522	0,73 ± 0,28	-		-
δ -Cadineno ^e	1532	1523	0,12 ± 0,03	2,91 ± 0,34		1,17 ± 0,43
Selina-3,7(11)-dieno ^e	1555	1546	-	-		0,71 ± 0,14
Caryophyllenyl alcohol ^f	1582	1572	0,13 ± 0,03	-		-
Globulol ^f	1596	1590	0,05 ± 0,01	0,72 ± 0,12		-
1-epi-Cubenol ^f	1639	1628	-	0,13 ± 0,02		-
α -epi-Cadinol ^f	1652	1640	-	0,25 ± 0,06		-
α -Muurolol ^f	1657	1646	-	0,18 ± 0,03		-
Total identificado			96,79	98,55	100	95,04
Monoterpenos hidrocarbonetos			32,35	4,10	79,91	81,75
Monoterpenos oxigenados			-	1,10	-	-
Sesquiterpenos hidrocarbonetos			64,25	92,06	20,09	12,37
Sesquiterpenos oxigenados			0,18	1,29	-	-
Outros			-	-	-	0,92

^aÍndice de Kovats exibido por compostos na coluna HP-5 MS; ^bHidrocarbonetos monoterpênicos; ^cMonoterpenos oxigenados; ^dOutros; ^eHidrocarbonetos sesquiterpênicos; ^fSesquiterpenos oxigenados; ^gAs áreas relativas de cada volátil são apresentadas como médias (n = 5) ± desvio padrão.

Conforme mostrado na tabela 1, vinte e oito compostos voláteis foram identificados nas folhas de mudas de manga, correspondendo a uma média de 96.79% da área total de compostos detectados no cromatograma, os quais são classificados em sesquiterpenos hidrocarbonetos, monoterpenos hidrocarbonetos e traços de sesquiterpenos oxigenados. Os voláteis majoritários foram o monoterpeno hidrocarboneto, δ -3-careno, seguido pelos sesquiterpenos, β -cariofileno, α -gurgujeno, α -cariofileno e β -selineno.

Nas folhas de mudas de goiaba foram identificados trinta compostos voláteis, com predomínio de sesquiterpenos hidrocarbonetos, incluindo o majoritário, β -cariofileno, seguido por α -copaeno, aromadendreno e os isômeros α -selineno e β -selineno. As demais classes de voláteis (monoterpenos hidrocarbonetos e oxigenados e sesquiterpenos oxigenados), foram menos expressivas nas amostras analisadas (Tabela 1).

Dez compostos voláteis foram identificados nas mudas de acerola, os quais corresponderam a 100% da área total de compostos detectados no cromatograma. Apenas terpenos hidrocarbonetos compõem a classe de compostos identificados, com predomínio de monoterpenos, incluindo o majoritário, δ -3-careno. Dentre os sesquiterpenos, α -gurgujeno foi o mais abundante (Tabela 1).

Para as mudas de caju, vinte e seis voláteis foram identificados, correspondendo a 95.04% dos compostos detectados, com predomínio de mono e sesquiterpenos hidrocarbonetos. Os compostos majoritários foram o trans- β -ocimeno e α -pineno. O único composto oxigenado identificado nas mudas analisadas foi o éster 3-Z-hexenyl butanoato (Tabela 1).

5. DISCUSSÃO

Muitos voláteis de plantas possuem efeitos dissuasores diretos sobre insetos herbívoros (FANCELLI *et al.*, 2018; ZHOU & JANDER, 2022). Compostos orgânicos voláteis de plantas frequentemente estudados com efeitos contra herbívoros incluem terpenoides, fenilpropanoides, voláteis de folhas verdes e produtos de degradação de glucosinolatos (ZHOU & JANDER, 2022). No presente trabalho, as fêmeas de *D. citri* foram repelidas pelas plantas não hospedeiras goiaba, caju e acerola. Conforme as análises químicas das folhas, a constituição volátil dessas três espécies de plantas é rica em compostos da classe dos terpenoides.

Nos bioensaios de olfatométrica, as fêmeas de *D. citri* foram altamente repelidas pelas plantas de caju. De fato, o cajueiro é altamente repelente para *D. citri*, e os voláteis dessa planta podem reduzir a atratividade do inseto para plantas de citros hospedeiras (FANCELLI *et al.*,

2018). De acordo com esses mesmos autores os terpenoides (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT) e (*E,E*)-4,8,12-trimetil-1,3,7,11-tridecatetraeno (TMTT) liberados pelas folhas de cajueiro é que tornam essa planta não atraente para *D. citri* (FANCELLI *et al.*, 2018). Embora tenham sido encontrados alguns voláteis comuns (canfeno, mirceno, β -cariofileno e trans- β -ocimeno), a maioria dos compostos do cajueiro no presente trabalho foram diferentes daqueles identificados por Fancelli *et al.* (2018). Essa diferença pode ser devido à divergência do material genético utilizado, pois a constituição volátil do cajueiro varia conforme o genótipo (SARAIVA *et al.*, 2022). Aqui, os compostos voláteis encontrados em maior abundância no cajueiro foram trans- β -ocimeno e α -pineno. Portanto, esses compostos podem estar envolvidos na repelência do cajueiro contra *D. citri*. De fato, trans- β -ocimeno é um terpenoide que interfere no comportamento de escolha de *D. citri*, tendo sido encontrado em maior concentração na constituição volátil de plantas de citros consideradas repelentes para *D. citri* (ANDRADE *et al.*, 2016). Adicionalmente, o composto trans- β -ocimeno é ausente na constituição volátil das plantas de citros consideradas atraentes para *D. citri* (ANDRADE *et al.*, 2016). Assim como trans- β -ocimeno, α -pineno pode causar diferentes estímulos no comportamento dos insetos (KUHNS *et al.*, 2016). Ao realizar ensaios de olfatométrica com óleos botânicos para avaliar a atividade comportamental de fêmeas de *D. citri*, Kuhns *et al.* (2016) verificaram que o óleo de abeto (*Picea abies*) se mostrou repelente. De acordo com a análise GC-MS, o α -pineno foi o segundo composto encontrado em maior concentração na composição do óleo de abeto.

Além do cajueiro, a acerola também se mostrou repelente a *D. citri*. No entanto, dentre as espécies não-hospedeiras avaliadas, foi aquela que obteve um menor número de compostos identificados. O composto δ -3-careno foi encontrado em maior percentual relativo, seguido por α -gurgujeno e β -cariofileno. Quando aplicado de forma isolada, 3-careno na concentração de 100 nM, mostrou efeito repelente sobre *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Erebidae) e atraiu a vespa parasitoide *Chouioia cunea* Yang (Hymenoptera: Eulophidae) (PAN *et al.*, 2020). Em um estudo avaliativo da bioeficácia da casca de frutas em pó de *Citrus hystrix* na proteção de sementes contra *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae), Harshani & Karunaratne (2018) observaram que a repelência contra o gorgulho tinha relação com os compostos voláteis liberados, dentre esses destacou, 3-careno (18,310%), D-limoneno (11,538%), α -pineno (9,244%) e cariofileno (3,988%), compostos estes também identificados na composição química da acerola no presente trabalho. No intuito de identificar a química volátil da batata-doce em relação ao comportamento de *Cylas formicarius elegantulus* (Summers) (Coleoptera: Curculionidae), Wang & Kays (2002) relataram a presença de α -gurgujeno na fração volátil sesquiterpênica repelente ao gorgulho.

Em relação à goiaba, o número de entradas de *D. citri* nos braços que continham os voláteis das plantas desta espécie foi menor que nos braços controle, assim como em caju e acerola, o que também configura repelência. De fato, a goiabeira é uma espécie de planta considerada repelente para *D. citri* (BEATTIE *et al.*, 2006; HALL *et al.*, 2008; ZAKA *et al.*, 2010). Estudos envolvendo o plantio consorciado de goiaba com culturas cítricas associaram a redução populacional de *D. citri* com propriedades repelentes presentes nos voláteis da goiaba (BEATTIE *et al.*, 2006; HALL *et al.*, 2008; ZAKA *et al.*, 2010). No presente trabalho, a goiabeira foi a espécie que liberou maior número de voláteis, com predomínio de β -cariofileno, α -copaeno, aromadendreno, α -selineno e β -selineno, respectivamente. Independente da cultivar e da localização, o β -cariofileno é um dos COV's mais abundantes nos extratos de óleo de goiaba (SILVA *et al.*, 2016; KHADHRI *et al.*, 2014; EL-AHMADY *et al.*, 2013; CHEN *et al.*, 2007; PINO *et al.*, 2001). Alquézar *et al.* (2017), ao analisar a emissão de COV's da goiabeira verificaram que β -cariofileno, em certas doses, exerce efeito repelente sobre *D. citri* e, através de engenharia genética, induziram a emissão de β -cariofileno em plantas de *Arabidopsis thaliana*, constatando que os psíldeos gastaram significativamente menos tempo nos campos de odor transgênico. Compostos como o cariofileno e aromadendreno foram os principais constituintes voláteis encontrados em plantas de chapéu-de-napoleão (*Thevetia nerifolia*), sendo associados às propriedades inseticidas dos óleos essenciais dessa espécie vegetal contra *C. maculatus* (ABOABA *et al.*, 2019). Pancarte *et al.*, (2022) testaram a repelência de voláteis produzidos por algumas variedades de goiaba a *D. citri* e identificaram uma maior concentração dos compostos α -selineno, β -selineno e α -copaeno na variedade repelente e, no presente trabalho, os compostos limoneno, cis- β -Ocimene, trans- β -ocimeno, α -gurjuneno, aromadendreno e α -selineno também foram identificados na composição química da goiabeira, em menor quantidade.

Em ambientes naturais, os insetos estão sempre envolvidos por muitos odores de diferentes concentrações de componentes e variadas combinações (BRUCE *et al.*, 2005; BEYAERT & HILKER, 2014). A mistura de terpenos, em que os compostos possuem diferentes propriedades, pode permitir uma ação mais rápida e uma maior persistência das defesas aos herbívoros (GERSHENZON & DUDAREVA, 2007). Antwi-Agyakwa *et al.* (2021) ao avaliarem a resposta comportamental da psila-africana-dos-citros *Trioza erytrae* (Del Guercio) (Hemiptera: Triozidae) a voláteis de plantas não-hospedeiras, constataram a presença de limoneno, cis- β -Ocimeno, trans- β -ocimeno, α -gurjuneno, aromadendreno e α -selineno na composição química da goiabeira, espécie vegetal que se mostrou como potencial repelente à psila-africana-dos-citros. Esses mesmos compostos foram emitidos pela goiabeira no presente

estudo.

A variedade de manga utilizada não apresentou potencial repelente ao psilídeo, mesmo possuindo β -cariofileno em sua composição, um dos compostos expressivos na goiaba e δ -3-careno, presente majoritariamente na acerola. As concentrações desses compostos na manga podem não ter sortido efeito sobre o comportamento de *D. citri* por não estarem em proporções apropriadas. Sadeh *et al.* (2017) verificaram que o β -cariofileno em concentrações baixas ou altas não exerceu efeito sobre a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera:Aleyrodidae), diferente da resposta do composto em concentração mediana. Tal resultado foi similar ao obtido por Fancelli *et al.* (2018), que também não mencionaram atividade repelente da manga a *D. citri*.

Tendo em vista a baixa eficácia e dos efeitos deletérios ao ambiente dos atuais métodos de controle para *D. citri*, é necessário o emprego de técnicas de controle sustentáveis a longo prazo. Segundo Altieri *et al.* (2007) a diversidade vegetal afeta o comportamento de seleção hospedeira de insetos fitófagos, dificultando o encontro da planta hospedeira. A incorporação de diversidade de plantas com cultivo misto no agroecossistema aliada à seleção das espécies vegetais mais apropriadas e bem arrançadas pode ser uma alternativa viável na redução de pragas agrícolas. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, plantas de acerola, caju e goiaba apresentam potencial de consorciação com citros. Além de terem se mostrado repelentes a *D. citri*, são plantas que podem ser cultivadas visando retorno econômico e, por serem variedades enxertadas, apresentam porte semelhante ao das plantas de citros.

6. CONCLUSÃO

As plantas não-hospedeiras acerola, caju e goiaba apresentam efeito repelente à *D. citri*. As plantas de manga, no entanto, não promoveram atividade repelente sobre esse psilídeo. Além do mais, a análise da composição volátil dessas plantas mostrou o predomínio de compostos da classe dos terpenoides.

REFERÊNCIAS

- ABOABA, S. A.; MOBILAWON, F. E.; AKINBULUMA, M. D. Chemical constituent and insecticidal activity of the essential oils from *Thevetia neriifolia* Juss. on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 7, n. 2, p. 394-400, 2019.
- ADAMS, R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas chromatography/Mass Spectrometry. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, IL. v. 4. ed. 1, 2017.
- ALBRECHT, U.; BOWMAN, K. D. Tolerance of the trifoliolate citrus hybrid US-897 (*Citrus reticulata* Blanco × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) to Huanglongbing. **HortScience**, v. 46, n. 1, p. 16-22, 2011.
- AMMAR, E. D.; SHATTERS JR, R. G.; LYNCH, C.; HALL, D. G. Detection and relative titer of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in the salivary glands and alimentary canal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) vector of citrus huanglongbing disease. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 104, n. 3, p. 526-533, 2011.
- ALBRECHT, U.; FIEHN, O.; BOWMAN, K. D. Metabolic variations in different citrus rootstock cultivars associated with different responses to Huanglongbing. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 107, p. 33-44, 2016.
- ALQUÉZAR, B., CARMONA, L., BENNICI, S.; PEÑA, L. Engineering of citrus to obtain huanglongbing resistance. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 70, p. 196-203, 2021.
- ALQUÉZAR, B.; VOLPE, H. X. L.; MAGNANI, R. F.; MIRANDA, M. P.; SANTOS, M. A.; WULFF, N. A.; BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P.; BOWMEESTER, H.; PEÑA, L. β-caryophyllene emitted from a transgenic *Arabidopsis* or chemical dispenser repels *Diaphorina citri*, vector of *Candidatus Liberibacter*. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 5369, 2017.
- ALTIERI, M. A.; PONTI, L.; NICHOLLS, C. I. Manejando insetos-praga com a diversificação de plantas. **Revista Agrícolas: Experiências em agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 20-23, 2007.
- ANDRADE, M. D. S.; RIBEIRO, L. D. P.; BORGONI, P. C.; SILVA, M. F. D. G. F. D.; FORIM, M. R.; FERNANDES, FORIM, M. R.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; VENDRAMIN, J. D.; MACHADO, M. A. Essential oil variation from twenty two genotypes of citrus in brazil—chemometric approach and repellency against *Diaphorina citri* Kuwayama. **Molecules**, v. 21, n. 6, p. 814, 2016.
- ANTWI-AGYAKWA, A. K.; YUSUF, A. A.; PIRK, C. W.; MOHAMED, S. A.; EKESI, S.; TORTO, B. Exploring non-host plant-based management strategy with lemongrass, garlic and guava volatiles for the African citrus triozid. **Journal of Applied Entomology**, v. 145, n. 8, p. 757-766, 2021.
- ARIMURA, G. I.; MATSUI, K.; TAKABAYASHI, J. Chemical and molecular ecology of herbivore-induced plant volatiles: proximate factors and their ultimate functions. **Plant and Cell Physiology**, v. 50, n. 5, p. 911-923, 2009.

ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE. **Reported Resistance Case(s)**. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=speciessearId=650>. Acesso em: 8 fev. 2023.

AUBERT, B. Citrus greening disease, a serious limiting factor for citriculture in Asia and Africa. **Proceedings - International Society of Citriculture**, v. 2, p. 817- 820, 1992.

BALDWIN, I.; PRESTON, C. The eco-physiological complexity of plant responses to insect herbivores. **Planta**, v. 208, n. 2, p.137-145, 1999.

BARMAN, J. C.; CAMPBELL, S. A.; ZENG, X. N. Exposure to guava affects citrus olfactory cues and attractiveness to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Environmental Entomology**, v. 45, n. 3, p. 694-699, 2016.

BASS, C.; FIELD, L. M. Gene amplification and insecticide resistance. **Pest Management Science**, v. 67, n. 8, p. 886-890, 2011.

BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; STUCHI, E. S. Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 125, p. 565-572, 2009.

BEATTIE, G. A. C.; HOLFORD, P.; MABBERLEY, D. J.; HAIGH A. M.; BAYER, R.; BROADBENT, P. Aspects and insights of Australia-Asia collaborative research on huanglongbing. In: **Proceedings of the international workshop for the prevention of citrus greening disease in severely infected areas**. Tokyo, Japan: Multilateral Research Network for Food and Agricultural Safety, Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2006. p. 47-64.

BELOTI, V. H.; ALVES, G. R.; ARAÚJO, D. F. D.; PICOLI, M. M.; MORAL, R. D. A.; DEMÉTRIO, C. G. B.; YAMAMOTO, P. T. Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. **Plos one**, v. 10, n. 7, p. e0132128, 2015.

BEYAERT, IVO; HILKER, M. Plant odour plumes as mediators of plant–insect interactions. **Biological Reviews**, v. 89, n. 1, p. 68-81, 2014.

BLACKWELL, P. *Diaphorina citri* PM7/52 (1). **Bulletin**, v. 35, p. 271-333, 2005.

BOINA, D. R.; BLOOMQUIST, J. R. Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus. **Pest Management Science**, v. 71, n. 6, p. 808-823, 2015.

BOVÉ, J. M. Huanglongbing: a destructive, newlyemerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, v. 88, n. 1, p. 7-37, 2006.

BRUCE, T. J.; WADHAMS, L. J.; WOODCOCK, C. M. Insect host location: a volatile situation. **Trends in plant science**, v. 10, n. 6, p. 269-274, 2005.

CARDOSO-GUSTAVSON, P.; BOLSONI, V. P.; OLIVEIRA, D. P.; GUARATINI, M. T. G.; AIDAR, M. P. M.; MARABESI, M. A.; ALVES, E. S.; SOUZA, S. R. Ozone-induced responses in *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae): metabolic cross-talk between

volatile organic compounds and calcium oxalate crystal formation. **Plos One**, v. 9, n. 8, p. e105072, 2014.

CAPOOR, S. P.; RAO, D. G.; VISWANATH, S. M. *Diaphorina citri* Kuwayama, a vector of the Greening disease of citrus in India. **Indian J. Agric. Sci.**, v. 37, n. 572.576, p. 1382-1382, 1967.

CHEN, H. C.; SHEU, M. J.; LIN, L. Y.; WU, C. M. Chemical composition of the leaf essential oil of *Psidium guajava* L. from Taiwan. **Journal of Essential Oil Research**, v. 19, n. 4, p. 345-347, 2007.

CHEN, X. D.; STELINSKI, L. L. Resistance management for Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida. **Insects**, v. 8, n. 3, p. 103, 2017.

CITRUSBR. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS, 2022. **Produção de laranja e suco**. Disponível em: <https://citrusbr.com>. Acesso em: 20 set. 2022.

COLETTA-FILHO, H. D.; TARGON, M. L. P. N.; TAKITA, M. A.; DE NEGRI, J. D.; POMPEU JR, J; MACHADO, M. A. First report of the causal agent of Huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease**, v. 88, n. 12, p. 1382-1382, 2004.

COSTA LIMA, A. M. Insetos do Brasil: Hemópteros. **Escola Nacional de Agronomia**, 1942.

COOK, S.M.; KHAN, Z. R.; PICKETT, J.A. The use of push-pull strategies in integrated pest management. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 52, n.1, p. 375-400, 2007.

GRAÇA, J. V.; DOUHAN, G. W.; HALBERT, S. E.; KEREMANE, M. L.; LEE, R. F.; VIDALAKIS, G.; ZHAO, H. Huanglongbing: An Overview of a Complex Pathosystem Ravaging the World’s Citrus. Journal of integrative plant biology. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 58, n. 4, p. 373-387, 2016.

DE SOUZA, T. D. S.; FERREIRA, M. F. D. S.; MENINI, L.; SOUZA, J. R. C. L.; BERNARDES, C. O.; Ferreira, A. Chemotype diversity of *Psidium guajava* L. **Phytochemistry**, v. 153, p. 129-137, 2018.

DINIZ, A. J. F.; ALVES, G. R.; PARRA, J. R. P.; YAMAMOTO, P. T. *Tamarixia radiata*: uma alternativa para controle do psílídeo dos citros. **Citricultura Atual**, v. 87, p. 12-14, 2012.

DUDAREVA, N.; NEGRE, F.; NAGEGOWDA, D. A.; ORLOVA, I. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 25, n. 5, p. 417-440, 2006.

EL-AHMADY, S. H.; ASHOUR, M. L.; WINK, M. Chemical composition and anti-inflammatory activity of the essential oils of *Psidium guajava* fruits and leaves. **Journal of Essential Oil Research**, v. 25, n. 6, p. 475-481, 2013.

FARMER, E. E. **Leaf defence**. OUP Oxford, 2014.

FANCELLI, M. *et al.* SOLF–System for data acquisition in olfactometry bioassays. **Citrus Research & Technology**, v. 38, n. 1, p. 95-98, 2017.

FANCELLI, M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; PICKETT, J. A.; BICKETT, M. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. Attractiveness of host plant volatile extracts to the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, is reduced by terpenoids from the non-host cashew. **Journal of Chemical Ecology**, v. 44, p. 397-405, 2018.

FELISBERTO, P. A. C.; GIRARDI, E. A.; PEÑA, L.; FELISBERTO, G.; BEATTIE, G. A., LOPES, S. A. Unsuitability of indigenous South American Rutaceae as potential hosts of *Diaphorina citri*. **Pest Management Science**, v. 75, n. 7, p. 1911-1920, 2019.

FERNANDES, N. G. Combate ao greening em citros necessita de legislação específica. **Visão Agrícola** v. 1, n. 2, p. 40-42, 2004.

FUNDECITRUS. Fundo de Defesa da Citricultura, 2022. Levantamento da Incidência das Doenças dos Citros no Cinturão Citrícola de São Paulo. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/levantamentos/Levantamento%20de%20doencas%202022_Relatorio%20completo.pdf . Acesso em: 10 fev. 2023.

GADENNE, C.; BARROZO, R. B.; ANTON, S. Plasticity in insect olfaction: to smell or not to smell? **Annual Review of Entomology**, v. 61, p. 317-333, 2016.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, p. 920, 2002.

GEORGE, J.; LAPOINTE, S. L. Host-plant resistance associated with *Poncirus trifoliata* influence oviposition, development and adult emergence of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Pest Management Science**, v. 75, n. 1, p. 279-285, 2019.

GERSHENZON, J.; DUDAREVA, N. The function of terpene natural products in the natural world. **Nature chemical biology**, v. 3, n. 7, p. 408-414, 2007.

GRAÇA, J. V. Citrus greening disease. Annual Review of Phytopathology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 29, p. 109-36, 1991.

GRAÇA, J. V.; DOUHAN, G. W.; HALBERT, S. E.; KEREMANE, M. L.; LEE, R. F.; VIDALAKIS, G.; ZHAO, H. Huanglongbing: An Overview of a Complex Pathosystem Ravaging the World's Citrus. Journal of integrative plant biology. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 58, n. 4, p. 373-387, 2016.

GOTTWALD, T. R.; GRAÇA, J. V.; BASSANEZI, R. B. Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. **Plant Health Progress**, v. 8, n. 1, p. 31, 2007.

GOTTWALD, T. R.; IREY, M. The plantation edge effect of HLB: a geostatistical analysis. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando, p. 305-308, 2008.

GOTTWALD, T. R. Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 119-139, 2010.

GOTTWALD, T. R.; HALL, D. G.; KRISS, A. B.; SALINAS, E. J.; PARKER, P. E.; BEATTIE, G. A. C.; NGUYEN, M. C. Orchard and nursery dynamics of the effect of interplanting citrus with guava for huanglongbing, vector, and disease management. **Crop Protection**, v. 64, p. 93-103, 2014.

GRAFTON-CARDWELL, E. E.; STELINSKI, L. L.; STANSLI, P. A. Biology and Management of Asian Citrus Psyllid, Vector of the Huanglongbing Pathogens. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 413-432, 2013.

GROPPO, M.; PIRANI, J. R.; SALATINO, M. L.; BLANCO, S. R.; KALLUNKI, J. A. Phylogeny of Rutaceae based on two noncoding regions from cpDNA. **American Journal of Botany**, v. 95, n. 8, p. 985-1005, 2008.

GUENTHER, A.; HEWITT, C. N.; ERICKSON, D.; FALL, R.; GERON, C.; GRAEDEL, T.; HARLEY, P.; KLINGER, L.; LERDAU, M.; MCCAY, W. A.; PIERCE, T.; SCHOLLES, B.; STEINBRECHER, R.; TALLAMRAJU, R.; TAYLOR, J.; ZIMMERMAN, P. A global model of natural volatile organic compound emissions. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 100, n. D5, p. 8873-8892, 1995.

HALBERT, S. E.; MANJUNATH, K. L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, n. 87, ed. 4, p. 330-353, 2004.

HALL, D. G.; GOTTWALD, T. R.; NGUYEN, N. C.; ICHINOSE, K.; LE, K. D.; BEATTIE, G. A. C.; STOVER, E. Greenhouse investigations on the effect of guava on infestations of Asian citrus psyllid in grapefruit. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 121, p. 104-109, 2008.

HALL, D. G.; RAMADUGU, C.; HENTZ, M. G.; GMITTER, F. G.; STOVER, E. Survey of *Poncirus trifoliata* hybrids for resistance to colonization by Asian citrus psyllid. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3, p. 635-637, 2019.

HARSHANI, H. S.; KARUNARATNE, M. M. S. C. Volatile profiling and bio-efficacy of *Citrus hystrix* fruit peel as a seed protectant against *Callosobruchus maculatus*. **J Entomol Zool Stud**, v. 6, n. 4, p. 27-31, 2018.

HEGDE, M.; OLIVEIRA, J. N.; DA COSTA, J. G.; BLEICHER, E.; SANTANA, A. E. G.; BRUCE, T. J. A.; CAULFIELD, J.; WOODCOCK, C. M.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A. Identification of semiochemicals involved in tritrophic interactions between cotton, *Gossypium hirsutum*, cotton aphids, *Aphis gossypii*, and the predatory lacewing, *Chrysoperla lucasina*. **J Chem Ecol**, v. 37, p. 741-750, 2011.

HOLLIS, D. A new citrus-feeding psyllid from the Comoro Islands, with a review of the *Diaphorina amoena* species group (Homoptera). **Systematic Entomology**, v. 12, n. 1, p. 47-

61, 1987.

HU, J.; JIANG, J.; WANG, N. Control of citrus Huanglongbing via trunk injection of plant defense activators and antibiotics. **Phytopathology**, v. 108, n. 2, p. 186-195, 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021. **Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 17 jan. 2023.

INOUE, H.; OHNISHI, J.; ITO, T.; TOMIMURA, K.; MIYATA, S.; IWANAMI, T.; ASHIHARA, W. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology**, v. 155, n. 1, p. 29-36, 2009.

JAGOUÉIX, S.; BOVÉ, J. M.; GARNIER, M. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the a subdivision of the proteobacteria. **379-386**, v. 44, n. 3, p. 379-386, 1994.

KARBAN, R.; BALDWIN, I. T. **Induced Responses to Herbivory**. Chicago: The University of Chicago Press, p. 319, 1997.

KHADHRI, A.; EL MOKNI, R.; ALMEIDA, C.; NOGUEIRA, J. M. F.; ARAÚJO, M. E. M. Chemical composition of essential oil of *Psidium guajava* L. growing in Tunisia. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 29-31, 2014.

KUHNS, E. H.; MARTINI, X.; HOYTE, A.; STELINSKI, L. L. Repellent activity of botanical oils against Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Insects**, v. 7, n. 3, p. 35, 2016.

LARA, F. M. Princípios de resistência de plantas a insetos, 1991.

LIN, K. -H. Observations on yellow shoot of Citrus. Etiological studies of yellow shoot of Citrus. **Acta Phytopathologica Sinica**, v. 2, n. 1, 1956.

LING, S.; RIZVI, S.A.H.; XIONG, T.; LIU, J.; GU, Y.; WANG, S.; ZENG, X. Volatile signals from guava plants prime defense signaling and increase jasmonate-dependent herbivore resistance in neighboring citrus plants. **Frontiers in plant science**, v. 13, 2022.

LORETO, F.; SCHNITZLER, J. P. Abiotic stresses and induced BVOCs. **Trends in plant science**, v. 15, n. 3, p. 154-166, 2010.

MANN, R. S.; ROUSEFF, R. L.; SMOOT, J. M.; CASTLE, W. S.; STELINSKI, L. L. Sulfur volatiles from *Allium* spp. affect Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), response to citrus volatiles. **Bulletin of Entomological Research**, v. 101, n. 1, p. 89-97, 2011.

MAURYA, A. K. Application of Plant Volatile Organic Compounds (VOCs) in Agriculture. In: RAKSHIT, A.; SINGH, H. B.; SINGH, A. K.; SINGH, U. S.; FRACETO, L. **New Frontiers in Stress Management for Durable Agriculture**. 1. ed. [S. l.]: Springer

Singapore, 2020. cap. 21, p. 369-388.

MCCLEAN, A. P. D.; SCHWARZ, R. E. Greening or blotchy-mottle disease of citrus. **Phytophylactica**, v. 2, n. 3, p. 177-194, 1970.

MCCOLLUM, G.; BALDWIN, E. Huanglongbing: devastating disease of citrus. **Horticultural Reviews Volume 44**, v. 44, p. 315-361, 2016.

MORAES, C. M.; LEWIS, J. W.; PARÉ, P. W.; ALBORN, H. T.; TUMLINSON, J. H. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v. 393, n. 6685, p. 570-573, 1998.

MORTON, C. M.; TELMER, C. New subfamily classification for the Rutaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 99, n. 4, p. 620-641, 2014.

NAVA, D. E.; TORRES, M. L. G.; RODRIGUES, M. D. L.; BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P. Biology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, v. 131, n. 9-10, p. 709-715, 2007.

NEHELA, Y.; KILLINY, N. Revisiting the complex pathosystem of huanglongbing: Deciphering the role of citrus metabolites in symptom development. **Metabolites**, v. 10, n. 10, p. 409, 2020.

OLIVEIRA, J. M. C.; NASCIMENTO, A. S.; MIRANDA, S. H. G.; BARBOSA, C. D. J.; LARANJEIRAS, F. F. Estimativa dos impactos econômicos decorrentes de eventual introdução do huanglongbing (HLB) no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 755-762, 2013.

ONAGBOLA, E. O.; ROUSEFF, R. L.; SMOOT, J. M.; STELINSKI, L. L. Guava leaf volatiles and dimethyl disulphide inhibit response of *Diaphorina citri* Kuwayama to host plant volatiles. **Journal of Applied Entomology**, v. 135, n. 6, p. 404-414, 2011.

PAGLIACCIA, D.; SHI, J.; PANG, Z.; HAWARA, E.; CLARK, K.; THAPA, S. P.; FRANCESCO, A.; LIU, J.; TRAN, T.; BODAGHI, S.; FOLIMONOVA, S. Y.; ANCONA, V.; MULCHANDANI, A.; COAKER, G.; WANG, N.; VIDALAKIS, G.; MA, W. A pathogen secreted protein as a detection marker for citrus huanglongbing. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 2041, 2017.

PAN, L.; XIANG, W.; SUN, Z.; YANG, Y.; HAN, J.; WANG, Y.; HAN, J.; WANG, Y.; YAN, C.; LI, M. CcOBP2 plays a crucial role in 3-carene olfactory response of the parasitoid wasp *Chouioia cunea*. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 117, p. 103286, 2020.

PANCARTE, C.; ALTAMIMI, R.; FALL, M. N. D.; MARTINI, X. Repellency of volatiles from Martinique island guava varieties against Asian citrus psyllids. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 16, n. 3-4, p. 341-348, 2022.

PARKER, J. E.; SNYDER, W. E.; HAMILTON, G. C.; RODRIGUEZ-SAONA, C. Companion Plant and Insect Pest Control. In: SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. **Weed and Pest Control: Convencional and New Challenges**, p. 31-52, 2013.

PARRA, J. R. P.; LOPES, J. R. S.; TORRES, M. L. G.; NAVA, D. E.; PAIVA, P. E. B. Biology

and ecology of the vector *Diaphorina citri* and transmission of bacteria associated with Huanglongbing. **Citrus Research e Technology**, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.

PATT, J. M.; SETAMOU, M. Responses of the Asian citrus psyllid to volatiles emitted by the flushing shoots of its rutaceous host plants. **Environmental entomology**, v. 39, n. 2, p. 618-624, 2010.

PATT, J. M.; ROBBINS, P. S.; NIEDZ, R.; MCCOLLUM, G.; ALESSANDRO, R. Exogenous application of the plant signalers methyl jasmonate and salicylic acid induces changes in volatile emissions from citrus foliage and influences the aggregation behavior of Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*), vector of Huanglongbing. **Plos One**, v. 13, n. 3, p. e0193724, 2018.

PETTERSSON, J. An aphid sex attractant. **Insect Systematics & Evolution**, v. 1, n. 1, p. 63-73, 1970.

PICKETT, J. A.; ARADOTTIR, G. I.; BIRKETT, M. A.; BRUCE, T. J. A.; CHAMBERLAIN, K.; KHAN, Z. R.; MIDEGA, C. A. O.; SMART, L. E.; WOODCOCK, C. M. Aspects of insect chemical ecology: exploitation of reception and detection as tools for deception of pests and beneficial insects. **Physiological Entomology**, v. 37, n. 1, p. 2-9, 2012.

PINO, J. A.; AGUERO, J.; MARBOT, R.; FUENTES, V. Leaf oil of *Psidium guajava* L. from Cuba. **Journal of Essential Oil Research**, v. 13, n. 1, p. 61-62, 2001.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; ZARBIN, P. H. Chemistry in agriculture: perspectives for the development of sustainable technologies. **Química Nova**, v. 36, p. 1509-1513, 2013.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico; Fundag, p.61-104, 2005.

R CORE TEAM. "R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 4.0. 5." 2021.

RIFFEL, A.; DA COSTA, J. G. Os voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, p. 48, 2015.

SADEH, D.; NITZAN, N.; SHACHTER, A.; CHAIMOVITSH, D.; DUDAI, N.; GHANIM, M. Whitefly attraction to rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) is associated with volatile composition and quantity. **PLoS One**, v. 12, n. 5, p. e0177483, 2017.

SANTOS FILHO, H. P.; BARBOSA, F. F. L.; NASCIMENTO, A. S. Greening – A mais grave e destrutiva doença dos citros: nova ameaça à citricultura. 2009. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMPF2010/26089/1/Citros-31.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SARAIVA, W. V.; DIAS-PINI, N. S.; ALVES FILHO, E. G.; MELO, J. W.; FANCELLI, M.; COUTINHO, C. R.; ZOCCOLO, G. J.; RODRIGUES, T. H. S.; DUARTE, P. M.; MACEDO, V. H. M.; GOIANA, E. S. S. Attraction of whitefly *Aleurodicus cocois* mediated by cashew volatiles. **Phytoparasitica**, v. 50, n. 2, p. 399-410, 2022.

SHIN-FOON, C.; YU-TONG, Q. Experiments on the application of botanical insecticides for the control of diamondback moth in South China. **Journal of Applied Entomology**, v. 116, n. 1-5, p. 479-486, 1993.

SILVA, J. A.; HALL, D. G.; GOTTWALD, T. R.; ANDRADE, M. S.; MALDONADO JR, W.; ALESSANDRO, R. T.; LAPOINTE, S. L.; ANDRADE, E. C.; MACHADO, M. A. Repellency of selected *Psidium guajava* cultivars to the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. **Crop Protection**, v. 84, p. 14-20, 2016.

SKELLEY, L. H.; HOY, M. A. A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. **Biological Control**, v. 29, n. 1, p. 14-23, 2004.

SMITH, C. M.; CLEMENT, S. L. Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annual review of entomology**, v. 57, p. 309-328, 2012.

SONG, C.; MA, L.; ZHAO, J.; XUE, Z.; YAN, X.; HAO, C. Responses of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to volatiles from a non-host plant, Geranium, *Pelargonium x hortorum* (Geraniaceae) **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 70, n. 20, p. 5982-5992, 2022.

SWINGLE, W. T. The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily (family Rutaceae, subfamily Aurantioideae); University of California Press, Berkeley, CA, USA, 1943.

SZENDREI, Z.; RODRIGUEZ-SAONA, C. A meta-analysis of insect pest behavioral manipulation with plant volatiles. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 134, n. 3, p. 201-210, 2010.

ROUSEFF, R. L.; ONAGBOLA, E. O.; SMOOT, J. M.; STELINSKI, L. L. Sulfur volatiles in guava (*Psidium guajava* L.) leaves: possible defense mechanism. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 19, p. 8905-8910, 2008.

TEIXEIRA, D. C.; DANET, J. L.; EVEILLARD, S.; MARTINS, E. C.; JESUS JR, W. C.; YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; BASSANEZI, R. B.; AYRES, A. A.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J. M. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' *Liberibacter* species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, v. 19, n. 3, p. 173-179, 2005.

TIWARI, S.; MANN, R. S.; ROGERS, M. E.; STELINSKI, L. L. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. **Pest Management Science**, v. 67, n. 10, p. 1258-1268, 2011.

TSAI, J. H.; LIU, Y. H. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 6, p. 1721-1725, 2000.

TOGNI, P. H.; LAUMANN, R. A.; MEDEIROS, M. A.; SUJII, E. R. Odour masking of tomato volatiles by coriander volatiles in host plant selection of *Bemisia tabaci* biotype B. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 136, n. 2, p. 164-173, 2010.

TURLINGS, T. C.; ERB, M. Tritrophic interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: mechanisms, ecological relevance, and application potential. **Annual review of entomology**, v. 63, p. 433-452, 2018.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2023. **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/topCommo>

ditiesByCountry. Acesso em: 17 fev. 2023.

VANDERMEER, J. **The Ecology of Intercropping**. Cambridge. UK.: Cambridge University Press, 1989.

VISSER, J. H. Host odor perception in phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 31, n. 1, p. 121-144, 1986.

XU, C. F.; XIA, Y. H.; LI, K.; B.; KE, C. Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: **International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)**, 1988.

WANG, N.; TRIVEDI, P. Citrus huanglongbing: a newly relevant disease presents unprecedented challenges. **Phytopathology**, v. 103, n. 7, p. 652-665, 2013.

WANG, Y.; KAYS, S. J. Sweetpotato volatile chemistry in relation to sweetpotato weevil (*Cylas formicarius*) behavior. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 4, p. 656-662, 2002.

WENNINGER, E. J.; HALL, D. G. Daily and seasonal patterns in abdominal color in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 101, n. 3, p. 585-592, 2008.

WENNINGER, E. J.; STELINSKI, L. L.; HALL, D. Relationships between adult abdominal color and reproductive potential in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 102, n. 3, p. 476-483, 2009.

YAMAMOTO, P. T.; PAIVA, P. E. B.; GRAVENA, S. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região norte do estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 165-170, 2001.

YAMAMOTO, P. T.; FELIPE, M. R.; GARBIM, L. F.; COELHO, J. H. C.; XIMENES, N. L.; MARTINS, E. C. *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae): vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter americanus*. **Proceeding Huanglongbing Greening International Workshop**, 2006.

YAMAMOTO, P.T. Manejo Integrado de Pragas dos Citros. 1st ed. CP 2: Piracicaba, 2008.

YAN, Z.; ZHANG, Q.; ZHANG, N.; LI, W.; CHANG, C.; XIANG, Y.; XIA, C.; JIANG, T.; LUO, J.; XU, Y. Repellency of forty-one aromatic plant species to the Asian citrus psyllid, vector of the bacterium associated with huanglongbing. **Ecology and Evolution**. v. 10, n. 23, p. 12940-12948, 2020.

ZAKA, S. M.; ZENG, X. N.; HOLFORD, P.; BEATTIE, G. A. C. Repellent effect of guava leaf volatiles on settlement of adults of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama, on citrus. **Insect Sci**, v. 17, p. 39-45, 2010.

ZHANG, Q. H.; SCHLYTER, F. Olfactory recognition and behavioural avoidance of angiosperm nonhost volatiles by conifer-inhabiting bark beetles. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 6, n. 1, p. 1-20, 2004.

ZHAO, X. Y. Huanglongbing in China. In: **Proceedings of the Huanglongbing Greening International Workshop**, Ribeirão Preto, Brazil, p. 16-20, 2006.

ZHOU, S.; JANDER, G. Molecular ecology of plant volatiles in interactions with insect herbivores. **Journal of Experimental Botany**, v. 73, n. 2, p. 449-462, 2022.