



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

JÉSSICA FONTES VASCONCELOS

**MECANISMOS QUÍMICOS DE RESISTÊNCIA EM MELOEIRO À MOSCA-
MINADORA, *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE)**

FORTALEZA

2020

JÉSSICA FONTES VASCONCELOS

MECANISMOS QUÍMICOS DE RESISTÊNCIA EM MELOEIRO À MOSCA-
MINADORA, *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE)

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.

Orientador: Pesq^a. Dra. Nívia da Silva Dias-Pini.

Coorientador: Prof^o. Dr. José Wagner da Silva Melo.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

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

- V45m Vasconcelos, Jéssica Fontes.
Mecanismos químicos de resistência em meloeiro à mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (Diptera: Agromyzidae) / Jéssica Fontes Vasconcelos. – 2020.
56 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Nívia da Silva Dias-Pini .
Coorientação: Profa. Dra. José Wagner da Silva Melo .
1. Compostos fenólicos. 2. Cucumis melo. 3. Respostas olfativas. 4. Voláteis constitutivos de plantas. I. Título.

CDD 664

JÉSSICA FONTES VASCONCELOS

MECANISMOS QUÍMICOS DE RESISTÊNCIA EM MELOEIRO À MOSCA-MINADORA, *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE)

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.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Pesq^a. Dra. Nívia da Silva Dias-Pini (Orientadora)
Embrapa Agroindústria Tropical (EMBRAPA)

Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Pesq. Dr. Cherre Sade Bezerra da Silva
Embrapa Algodão (EMBRAPA)

Dra. Cristiane Ramos Coutinho
IN Soluções Biológicas (IN)

A Deus e a Virgem Maria.

A minha mãe, Edilde.

Sem vocês não teria chegado tão longe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos seus intercessores pela fé que me sustenta, dando forças e iluminação para seguir minha jornada.

À Universidade Federal do Ceará, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia e a Embrapa Agroindústria Tropical, pela oportunidade concedida e por me agregarem grandes conhecimentos e experiências profissionais.

Ao CNPq, pelo apoio à pesquisa e a manutenção com a bolsa de financiamento.

A Pesq^a. Dra. Nívia e ao Prof. Dr. José Wagner, pela excelente orientação e incentivos.

Aos participantes da banca examinadora pelo tempo e pelas valiosas colaborações.

Aos meus amigos de laboratório, Poli, Vini, Gabi, Neville, Lucas e Gleidson, pessoas fundamentais para concretização desse trabalho.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para concretização e aperfeiçoamento dessa pesquisa, Paulo Riceli, Tigressa, Elenilson, Dr. Guilherme...

Aos meus familiares e amigos pelo apoio, presença e vibrações positivas.

“Se não podes entender, crê para que entendas.
A fé precede, o intelecto segue.” (Santo
Agostinho).

RESUMO

A mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), é praga-chave do meloeiro (*Cucumis melo* L.). O controle dessa praga é realizado com o uso de inseticidas sintéticos. Porém, a falta de rotação de princípios ativos e a aplicação indiscriminada dos inseticidas, podem ocasionar a seleção de organismos resistentes. O emprego de plantas resistentes é uma técnica relevante que pode trazer bons resultados para controle da praga. O estudo dos compostos voláteis de plantas que atuam na defesa vegetal repelindo o inseto-praga (defesa direta), cria novas perspectivas de utilização destas substâncias em estratégias de manejo. A presença de compostos fenólicos em genótipos de meloeiro pode caracterizar a descoberta de genótipos resistentes à *L. sativae*. Desse modo, objetivou-se: a) avaliar se os compostos voláteis liberados por genótipos de meloeiro, interferem na atratividade e repelência de *L. sativae* e b) caracterizar os compostos fenólicos dos genótipos de meloeiro, bem como a ação antibiótica destes compostos sobre *L. sativae*. Um olfatômetro de quatro braços foi utilizado, ofertando-se ao inseto por meio da planta “in vivo” o odor dos voláteis constitutivos de diferentes genótipos de melão. Para a caracterização dos compostos voláteis utilizou-se microextração por fase sólida. Para a caracterização dos compostos fenólicos extratos de folhas de meloeiro foram submetidos a cromatografia líquida de ultra-eficiência associada a espectrometria de massas. Plantas de meloeiro foram infestadas com *L. sativae* e posteriormente feita as avaliações de viabilidades larval e pupal. Os voláteis dos genótipos de meloeiro CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341, foram pouco atrativos para *L. sativae*, enquanto voláteis do híbrido comercial Goldex e do genótipo CNPH 11-1071-43 foram mais atrativos. Através das análises dos perfis voláteis, foi possível a identificação dos compostos, ácido acético, (Z)-3-hexen-1-ol, α -pineno, (Z)- β -ocimeno, (E)- β -ocimeno, linalol, allo-ocimeno e neo-allo ocimeno. Conclui-se que os genótipos de meloeiro CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 apresentam características de resistência pela não-preferência da *L. sativae* devido a menor quantidade de voláteis e a maior concentração do ácido acético em sua composição volátil. Referente à composição fenólica dos perfis químicos foram identificados os compostos, ácido hidroxibenzoico-hexosídeo, ácido ferúlico e ácido tri-hidroxi octa ecadienóico. As menores viabilidades larval e pupal foram observadas em CNPH 06-1047-333. Os genótipos de meloeiro CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 apresentaram, respectivamente, os maiores e o menores teores de fenólicos totais, mas não obteve-se diferenças quanto às viabilidades larval e pupal de *L. sativae*, indicando falta de relação entre os fenóis totais e a

resistência antibiótica dos genótipos de meloeiro a *L. sativae*. De modo geral, de acordo com as análises de compostos voláteis e fenólicos, os genótipos CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 são menos atrativos a *L. sativae*, que os genótipos híbrido comercial Goldex e CNPH 11-1071-43.

Palavras-chave: Compostos fenólicos. *Cucumis melo*. Respostas olfativas. Voláteis constitutivos de plantas.

ABSTRACT

The leaf miner fly, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) is the main pest of the culture of melon (*Cucumis melo* L.). The control of this pest is carried out with the use of synthetic insecticides. However, the lack of rotation of active ingredients and the indiscriminate application of insecticides, may entail the selection of resistant organisms. The use of resistant plants is a relevant technique that can bring good results for pest control. The study of volatile plant compounds that act in plant defense repelling the insect pest (direct defense) creates new perspectives for the use of these substances in management strategies. The presence of phenolic compounds in melon genotypes can characterize the discovery of genotypes resistant to *L. sativae*. Thus, the objective of this work was: a) to evaluate whether the volatile compounds released by melon genotypes interfere in the attractiveness and repellency of *L. sativae* and b) to characterize the phenolic compounds of the melon genotypes, as well as the antibiotic action of those on *L. sativae*. A four-arm olfactometer was used, supplying to the insect through the plant “in vivo”, the odor of constitutive volatiles of different melon genotypes. For the characterization of volatile compounds, solid-phase microextraction was used. Extracts of melon leaves were submitted to ultra-efficient liquid chromatography associated with mass spectrometry for the delineation of phenolic compounds. Melon plants were infested with *L. sativae* and later assessments of larval and pupal viability were made. The volatiles of melon genotypes CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341, were unattractive to *L. sativae*, while volatiles from the commercial Goldex hybrid and genotype CNPH 11-1071-43 were more attractive. Through the analysis of volatile profiles, it was possible to identify the compounds, acetic acid, (Z) -3-hexen-1-ol, α -pinene, (Z) - β -ocimene, (E) - β -ocimene, linalool, allo-ocimene and neo-allo ocimene. It is concluded that the melon genotypes CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 and CNPH 06-1047-341 present resistance characteristics due to the non-preference of *L. sativae* on account of the lower amount of volatiles and the higher concentration of acetic acid in its volatile composition. Concerning to the phenolic composition of the chemical profiles, the compounds hydroxybenzoic-hexoside acid, ferulic acid and trihydroxy octa eadienic acid were identified. The lowest larval and pupal viability were observed in CNPH 06-1047-333. The melon genotypes CNPH 06-1047-333 and CNPH 06-1047-341 presented, respectively, the highest and lowest levels of total phenolics, but there were no differences regarding the larval and pupal viability of *L. sativae*, indicating the lack of relation between total phenols and antibiotic resistance of melon genotypes to *L. sativae*. According to the analysis of

volatile and phenolic compounds, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 genotypes are less attractive to *L. sativae* than the commercial hybrid Goldex and CNPH 11-1071-43.

Keywords: Phenolic compounds. *Cucumis melo*. Olfactory responses. Plant volatiles.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	ATRATIVIDADE E REPELÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO ASSOCIADOS A RESPOSTAS OLFATIVAS DE <i>Liriomyza sativae</i>	14
3	COMPOSTOS FENÓLICOS RELACIONADOS À RESISTÊNCIA DO MELOEIRO À MOSCA-MINADORA, <i>Liriomyza sativae</i>	32
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

O meloeiro, *Cucumis melo* L. (Cucurbitaceae), é produzido mundialmente e possui importância econômica para o agronegócio brasileiro, gerando emprego e renda à população. No Brasil a região Nordeste é responsável por aproximadamente 90% da produção, sendo os principais estados produtores: o Rio Grande do Norte (55% de área plantada), a Bahia (12% de área plantada) e o Ceará (11% de área plantada) (IBGE, 2019).

A mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), é considerada praga-chave do meloeiro no Nordeste do Brasil (NUNES *et al.*, 2013). Esse inseto possui elevada capacidade de adaptação e dispersão, e apresenta alto nível de polifagia (BOUCHER, 2010). Devido ao hábito alimentar das larvas, são formadas minas nas folhas hospedeiras, as quais tem a capacidade fotossintética reduzida, resultando em baixa produtividade (GULLAN; CRANSTON, 2012). Ocorre também a perda de suas folhas, e assim os frutos ficam expostos ao sol, gerando manchas que diminuem a qualidade externa do fruto e muitas vezes inviabilizando a comercialização (RAUF; SHEPARD; JOHNSON, 2000).

O controle da mosca-minadora é realizado principalmente com pulverizações de inseticidas, e o uso indiscriminado vem causando surtos populacionais da praga (ARAUJO *et al.*, 2012; HERNÁNDEZ; HARRIS; LIU, 2011). Em geral, recomenda-se o uso de inseticidas direcionados a fase larval. No entanto, o controle é dificultado devido à proteção desse estágio, uma vez que as larvas permanecem dentro do tecido foliar (PARRELLA, 1987). A utilização indiscriminada de inseticidas aumenta os custos de produção e pode diminuir populações de inimigos naturais (CAMPOS *et al.*, 2012; FERNANDES, 2004), como também eleva a concentração de resíduos químicos no melão (ANVISA, 2020), e ainda vêm selecionando populações resistentes de insetos-praga (ARAUJO *et al.*, 2012; HERNÁNDEZ; HARRIS; LIU, 2011). Contudo, a adoção indiscriminada do controle químico inviabiliza a adoção de outras táticas. Assim, torna-se cada vez mais importante a utilização racional dos métodos de controle e a busca por alternativas de controle eficientes e sustentáveis, que possam ser utilizados no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

A utilização de plantas resistentes vem sendo empregada em diversas culturas, sendo um método promissor que reduz as pulverizações com inseticidas, minimizando os custos de produção, possibilitando associação com outros métodos de controle, e reduzindo impactos ambientais (BASIJ *et al.*, 2011, SMITH, 2005). Dentre as várias formas de avaliar

a resistência de plantas, destacam-se os bioensaios olfativos. Nestes experimentos observa-se o comportamento do inseto em resposta a odores voláteis das plantas em estudo.

Os insetos-praga utilizam pistas visuais e misturas de compostos voláteis de plantas para orientarem-se em seus ambientes (BRUCE; PICKETT, 2011; RAJABASKAR *et al.*, 2013). Os voláteis em alguns casos são comuns entre plantas, mas sua composição possui características qualitativas e quantitativas que são particulares de cada espécie (RAJABASKAR *et al.*, 2013). Assim, a mistura de voláteis fornece informações que são utilizadas em interações tri-tróficas, ou seja, entre as plantas, os insetos-praga e os inimigos naturais (DICKE; VAN LOON, 2000; MEINERS; HILKER, 2000). Portanto, estudos que identifiquem voláteis de plantas e testem sua atratividade nas espécies-praga são muito importantes para a criação de novas estratégias de controle.

Outro ponto que merece ser investigado é a análise de compostos fenólicos de plantas, que podem influenciar diretamente no desenvolvimento das espécies e atuam protegendo os vegetais contra o ataque de pragas (KORICHEVA; NYKANEN; GIANOLI, 2004; VIEIRA *et al.*, 2016). A ativação dos compostos fenólicos ocorre por oxidação, impedindo o consumo do tecido vegetal e inibindo a digestão em insetos-praga (BOERJAN; RALPH; BAUCHER, 2005, KULBAT, 2016), causando, portanto, um efeito antibiótico.

No meloeiro, investigações que visem caracterizar compostos voláteis e fenólicos produzidos por diferentes genótipos podem ser de grande utilidade na seleção de genótipos resistentes a *L. sativae*. Desse modo, este estudo tem como objetivos: a) avaliar se os compostos voláteis liberados por genótipos de meloeiro interferem na atratividade e repelência de *L. sativae* e b) caracterizar os compostos fenólicos dos genótipos de meloeiro, bem como a ação antibiótica destes compostos sobre *L. sativae*.

**2 ATRATIVIDADE E REPELÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO ASSOCIADOS
A RESPOSTAS OLFATIVAS DE *Liriomyza sativae***

RESUMO

Os insetos-praga utilizam voláteis de plantas como pistas de busca, reconhecimento e aceitação dos seus hospedeiros. Alguns insetos evitam plantas que afetam sua biologia, essas plantas possuem características de resistência quando comparadas a outras, tornando-se menos atacadas por determinada praga. Deste modo, esse estudo teve como objetivo, avaliar se os compostos voláteis liberados por cinco genótipos de meloeiro *Cucumis melo* L. (Cucurbitaceae) (híbrido comercial Goldex, CNPH 11-1071-43, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341), interferem na atratividade e repelência de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Um olfatômetro de quatro braços foi utilizado, ofertando-se ao inseto por meio da planta “in vivo” o odor dos voláteis constitutivos de diferentes genótipos de melão. Para a caracterização dos compostos utilizou-se microextração por fase sólida, pelo emprego do método de Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME). Os genótipos de meloeiro CNPH 06-1047-343 e CNPH 06-1047-341, foram pouco atrativos para *L. sativae*, enquanto voláteis do híbrido comercial Goldex e do genótipo CNPH 11-1071-43 foram mais atrativos. Através das análises dos perfis voláteis, foi possível a identificação dos compostos, ácido acético, (Z)-3-hexen-1-ol, α -pineno, (Z) - β -ocimeno, (E)- β -ocimeno, linalol, allo-ocimeno e neo-allo ocimeno. Conclui-se que os genótipos de meloeiro CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 apresentam características de resistência pela não-preferência da mosca-minadora devido a menor atratividade e menor quantidade de compostos voláteis, bem como a maior concentração do ácido acético em sua composição volátil.

Palavras-chave: Caracterização de compostos voláteis. Interação inseto-planta. Atratividade. *Cucumis melo*. Olfatometria.

ABSTRACT

Pest insects use plant volatiles as search clues, recognition and acceptance of its hosts. Some insects avoid plants that affect their biology, these plants have resistance characteristics when compared to others, becoming less attacked by certain pests. Thus, this study aimed to assess whether volatile compounds released by five melon genotypes. *Cucumis melo* L. (Cucurbitaceae) (Goldex commercial hybrid, CNPH 11-1071-43, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 and CNPH 06-1047-341), interfere in the attractiveness and repellency of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). A four-arm olfactometer was used, giving the insect through the plant "in vivo", the odor of constitutive volatiles of different melon genotypes. For the characterization of the compounds, solid-phase microextraction was used, applying the Headspace Solid Phase Microextraction method (HS-SPME). The melon genotypes CNPH 06-1047-343 and CNPH 06-1047-341, were unattractive to *L. sativae*, while volatile from the commercial Goldex hybrid and the genotype CNPH 11-1071-43 were more attractive. Through the analysis of the volatile profiles, it was possible to identify the compounds: acetic acid, (Z) -3-hexen-1-ol, α -pinene, (Z) - β -ocimene, (E) - β -ocimene, linalool, allo-ocimene and neo-allo ocimene. It is concluded that the melon genotypes CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 and CNPH 06-1047-341 show resistance characteristics on account of the non-preference of the miner's fly due to less attractiveness and less volatile compounds, as well as the highest concentration of acetic acid in its volatile composition.

Keywords: Characterization of volatile compounds. Insect-plant interaction.

Attractiveness. *Cucumis melo*. Olfactometry.

2.1 Introdução

A mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), é considerada praga-chave para o meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Nordeste brasileiro (NUNES *et al.*, 2013). As minas decorrentes da alimentação das larvas reduzem a área fotossintética da planta, causando perdas na produtividade (ARAÚJO *et al.*, 2007; DE ARAUJO; PINHEIRO; GEREMIAS, 2007).

O controle dessa praga é feito principalmente com pulverizações de inseticidas (GUANTAI *et al.*, 2015). No entanto, o uso inadequado desses produtos vem selecionando populações resistentes de insetos-praga, e diminuindo a eficiência do controle biológico (ARAUJO *et al.*, 2012; HERNÁNDEZ; HARRIS; LIU, 2011). De modo a minimizar esses problemas e manter as populações da mosca-minadora abaixo do nível de dano econômico, novas abordagens de manejo vêm sendo investigadas, como a seleção de genótipos de meloeiro resistentes (CELIN *et al.*, 2017; CELIN *et al.*, 2018).

O uso de plantas resistentes tem se mostrado eficiente para o manejo de insetos-praga em um grande número de culturas, reduzindo os custos de produção e minimizando o impacto dos inseticidas no ambiente (VENDRAMIM; GUZZO, 2013). A resistência pode ser expressa por características morfológicas, físicas e químicas desfavoráveis ao inseto-praga, como a presença de tricomas, espessura e dureza da epiderme, textura, e a presença de metabólitos secundários, sintetizadas pelas plantas, com a finalidade de protegê-las (GOIANA *et al.*, 2020; JINDAL; DHALIWAL, 2011; SILVA, *et al.*, 2015).

A resistência de genótipos aos insetos-praga pode ser avaliada por meio de experimentos olfativos, nos quais são oferecidos aos insetos voláteis constitutivos das plantas de interesse, e assim observa-se o comportamento de escolha do inseto. Compostos voláteis liberados pelos vegetais, podem ser utilizados como pistas de orientação para insetos-praga localizarem plantas em seu ambiente (RAJABASKAR; DING; WU; EIGENBRODE, 2013), e as quantidades liberadas desses compostos são controladas por condições genéticas das plantas (SPLIVALLO *et al.*, 2012; WASON; HUNTER, 2014).

Com a evolução entre insetos e plantas alguns insetos-pragas conseguem reconhecer no vegetal substâncias tóxicas ao seu organismo, e assim evitam essas plantas. Essas substâncias tóxicas podem indicar uma planta resistente quando em comparação a outras plantas (PANIZZI; PARRA, 2009). Vários fatores podem estar relacionados com a não-preferência do adulto de *Liriomyza* em meloeiro, como a liberação de compostos químicos pela planta, espessura da epiderme do vegetal, rigidez e espessura da cutícula

foliar, densidades dos tecidos paliçádico e lacunoso, dentre outros (THEOBALD *et al.*, 1979; WEI *et al.*, 2000). De acordo com Kang *et al.* (2009), os compostos químicos sintetizados pelas plantas podem ser fundamentais na seleção de plantas para espécies de mosca-minadora. Em genótipos de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), a não-preferência de *Liriomyza trifolii* para alimentação está relacionada a altos teores de aleloquímicos (acilaçúcares, 2-tridecanona) (SILVA *et al.*, 2017).

Estudos sobre voláteis de plantas na seleção vegetal dos insetos-praga, auxiliam na identificação de cultivares resistentes, fornecendo subsídios para estratégias sustentáveis no manejo de pragas (LI *et al.*, 2014; ROBBINS *et al.*, 2012). Assim, objetivou-se avaliar se os compostos voláteis liberados por genótipos de meloeiro interferem na atratividade e repelência de *L. sativae*.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Cultivo do meloeiro

Para obtenção das plantas de meloeiro, sementes foram cultivadas em bandejas de polietileno, utilizando como substrato fibra de coco e HS-Florestal, na proporção de 1:1 (FIGURA 1A). As bandejas foram mantidas em laboratório de entomologia da Embrapa Agroindústria Tropical por 2 dias, cobertas por plástico preto. Posteriormente, as plantas foram levadas para casa de vegetação situada na Embrapa Agroindústria Tropical. Após 10 dias, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 0,3 L, contendo HS-Florestal, areia e húmus de minhoca na proporção de 3:3:1 (FIGURA 1B).

Após 10 dias do transplante as plantas apresentavam três folhas completamente desenvolvidas e foram utilizadas nos experimentos (FIGURA 1C). Cinco genótipos de meloeiro foram estudados: o híbrido comercial Goldex, CNPH 11-1071-43; CNPH 06-1047-343; CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341. A seleção dos genótipos foi baseada em ensaios preliminares de laboratório, avaliando a resistência de genótipos de meloeiro a *L. sativae*, sendo o híbrido comercial Goldex utilizado como padrão suscetível e os genótipos CNPH 11-1071-43; CNPH 06-1047-343; CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 resistente por antibiose a *L. sativae* (OLIVEIRA, 2017).

FIGURA 1. Cultivo das plantas de meloeiro para realização dos experimentos. (A) Plântulas recém-emergidas em bandejas de polietileno. (B) Plântulas transplantadas para vasos plásticos (300 mL) 10 dias após a emergência. (C) Plantas com três folhas completamente desenvolvidas 10 dias após o transplante.

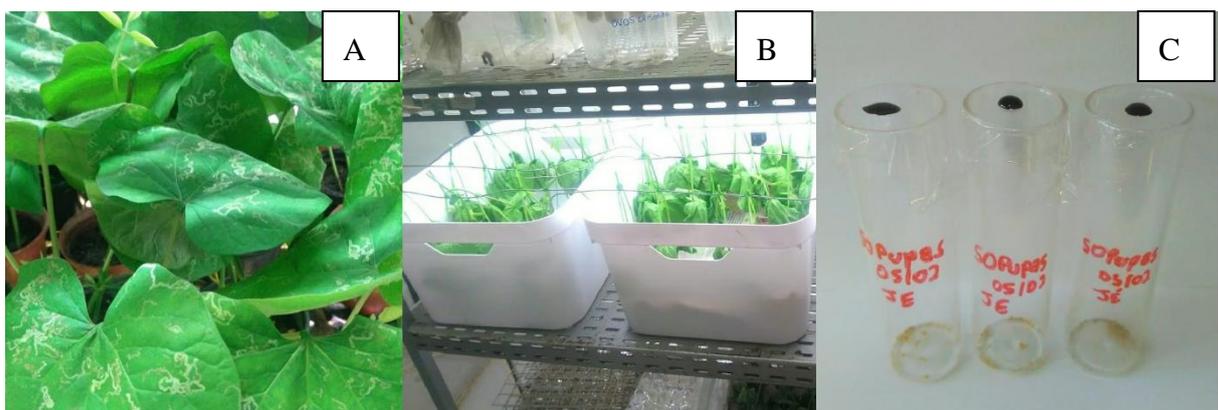


2.2.2 Criação da mosca-minadora

A colônia de *L. sativae* foi estabelecida a partir de folhas de meloeiro com a presença de minas, coletadas em cultivos comerciais no município de Mossoró-RN. O estabelecimento da criação foi baseado na metodologia proposta por BRAGA-SOBRINHO *et al.* (2011). Adultos de *L. sativae* foram mantidos em gaiolas de madeira recobertas com tecido “voil” (100 x 100 x 100 cm), contendo mudas de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) (Fabaceae).

Para a obtenção das plantas, sementes foram cultivadas em vasos de polietileno com capacidade de 0,3 litros de substrato. Após 10 dias do cultivo, as plantas foram dispostas em gaiolas para infestação por 24h com adultos da mosca-minadora. Após quatro dias da infestação, com o desenvolvimento das larvas e das minas nas folhas (FIGURA 2A), as folhas foram penduradas em bandejas plásticas, para a obtenção das pupas (FIGURA 2B). As pupas foram colocadas em tubos de vidro (12 mm x 75 mm) forrados com filme de PVC na parte superior (FIGURA 2C). No filme de PVC foram feitos micro furos, e adicionou-se uma pequena porção de mel para a alimentação dos adultos (FIGURA 2C).

FIGURA 2. Criação da mosca-minadora (*Liriomyza sativae*) em folhas de feijão-de-porco. (A) Presença de minas da mosca em folhas de feijão-de-porco. (B) Folhas penduradas em bandejas plásticas para a obtenção das pupas. (C) Tubos de vidro com pupas para obtenção dos insetos adultos (mel sobre o filme de PVC para alimentação).



2.2.3 Bioensaios de olfatometria

As respostas comportamentais de fêmeas de *L. sativae* aos voláteis dos

genótipos de meloeiro foram obtidas utilizando um olfatômetro de quatro braços de acrílico (12 cm x 12 cm) (PETTERSSON, 1970) (FIGURA 3; FIGURA 4), sob condições controladas (25 ± 1 ° C e $70 \pm 5\%$ UR). Inicialmente foi realizado um teste branco com os quatro braços do olfatômetro contendo apenas voláteis constitutivos do híbrido comercial Goldex, a a fim de garantir a imparcialidade do bioensaio.

Dois experimentos foram realizados. No primeiro um braço do olfatômetro com voláteis constitutivos de meloeiro (tratamento) foi comparado com três braços com ar (controle), sendo executados cinco bioensaios: (1) voláteis constitutivos do híbrido comercial Goldex versus ar; (2) voláteis constitutivos do genótipo CNPH 11-1071-43 versus ar; (3) voláteis constitutivos do genótipo CNPH 06-1047-343 versus ar; (4) voláteis constitutivos do genótipo CNPH 06-1047-333 versus ar e (5) voláteis constitutivos do genótipo CNPH 06-1047-341 versus ar (FIGURA 3).

No segundo experimento, compararam-se voláteis constitutivos do híbrido comercial Goldex com todos os genótipos estudados (CNPH 11-1071-43, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333, CNPH 06-1047-341). Nestes ensaios, dois braços do olfatômetro com Goldex foram contrastados com dois braços com um dos demais genótipos. Quatro bioensaios foram conduzidos: (1) híbrido comercial Goldex versus genótipo CNPH 11-1071-43, (2) híbrido comercial Goldex versus genótipo CNPH 06-1047-343, (3) híbrido comercial Goldex versus genótipo CNPH 06-1047-333, e (4) híbrido comercial Goldex versus genótipo CNPH 06-1047-341 (FIGURA 4).

Para o fornecimento dos voláteis constitutivos à mosca-minadora, os vasos das mudas de meloeiro contendo substrato foram totalmente cobertos com papel alumínio para bloquear a liberação de voláteis do substrato (FIGURA 4). Posteriormente, as mudas foram envoltas em sacos de poliéster (100%, 27 cm x 41 cm), totalmente vedados com fita teflon.

Os sacos foram conectados ao olfatômetro via mangueiras de silicone (FIGURA 4). No sistema de olfatometria, o ar passou através de uma bomba de ar com medidores de vazão ajustados em 250 mL/min para cada braço do olfatômetro (FIGURA 4). Foram realizadas 20 repetições para cada bioensaio. Para cada repetição uma fêmea adulta em jejum por 24h foi testada. Uma fêmea foi liberada através de um orifício do olfatômetro, em área neutra (FIGURA 3), ficando exposta aos voláteis por 10 minutos. Em cada repetição, o olfatômetro foi girado em 90° para reduzir efeito posicional. A resposta da fêmea foi considerada quando esta ultrapassava a área neutra (FIGURA 3) e optava por um dos braços do olfatômetro. A repetição foi anulada sempre que a fêmea permaneceu em área neutra nos 5 minutos iniciais. A frequência e o tempo de permanência de *L. sativae*

nos diferentes braços do olfatômetro foram registrados utilizando o software SOLF (Sistema de Gerenciamento de Resultados para Bionsaídeos de Olfatometria) versão 7.0 (FANCELLI *et al.*, 2017). Ao final de cinco repetições, o olfatômetro foi limpo (com detergente neutro, água destilada e álcool a 70%) e uma nova muda de meloeiro foi oferecida como fonte de odor.

Os dados de frequência ou número de entradas de *L. sativae* nos diferentes braços do olfatômetro (tratamento e controle) foram comparados usando um teste de χ^2 ($\alpha = 0,05$). No primeiro experimento, a frequência de cada indivíduo em braços com ar (três) foi comparada com frações esperadas de 25% para braços oferecendo voláteis de meloeiro (um). No segundo experimento a frequência de cada indivíduo em braços com os voláteis constitutivos do híbrido comercial Goldex (dois) foi comparada com frações esperadas de 50% para braços oferecendo voláteis constitutivos dos demais genótipos de meloeiro (dois).

Os dados de tempo de permanência por *L. sativae* em braços com voláteis constitutivos de meloeiro foram submetidos a testes t ($\alpha = 0,05$), conforme descrito por Hegde *et al.* (2011) e Sobhy *et al.* (2017), nos braços com ar foram obtidos valores médio para os testes (TOGNI *et al.*, 2010; HEGDE *et al.*, 2011). Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico SAS (SAS Institute 2019).

FIGURA 3. Esquema do 1º bioensaio comportamental com *Liriomyza sativae*, em olfatômetro de quatro braços, no qual um braço do olfatômetro com voláteis de meloeiro foi comparado com três braços com ar. Com indicação do que chama-se área neutra e suas medidas, bem como medidas posterior a área neutra até o fim do braço do olfatômetro.

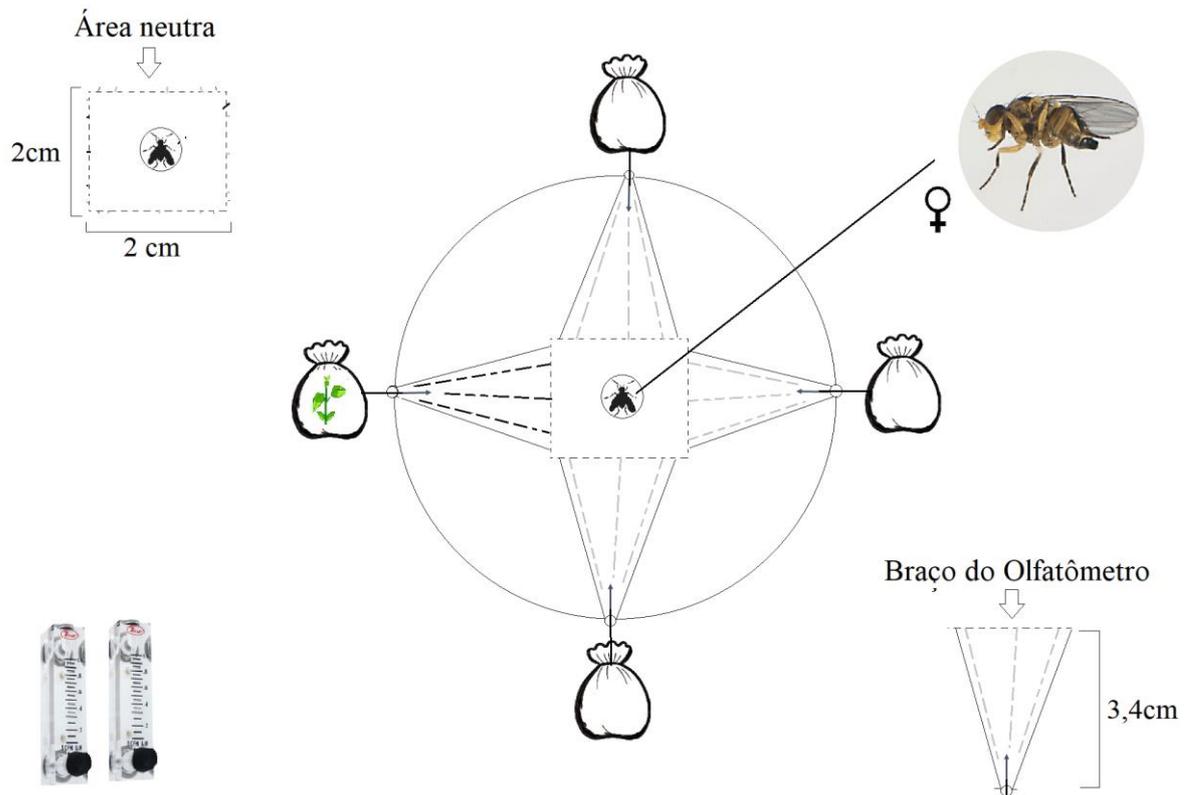


FIGURA 4. Sistema de Olfatometria. Vasos das mudas de meloeiro cobertos com papel alumínio. Mudanças envoltas em sacos de poliéster, totalmente vedados com fita teflon. Sacos conectados ao olfatômetro de quatro braços de acrílico via mangueiras de silicone. 2º Bioensaio: dois braços do olfatômetro tratados com voláteis do híbrido comercial Goldex versus dois braços do olfatômetro tratados com voláteis dos genótipos (CNPH 11-1071-43, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333, CNPH 06-1047-341).



2.2.4 Extração de voláteis de folhas de meloeiro

A extração dos voláteis constitutivos do híbrido comercial Goldex e dos quatro genótipos de meloeiro foi realizada por microextração em fase sólida (SPME) com o uso da fibra DVB/Car/PDMS acoplada à cromatografia gasosa com espectrometria de massa (GC-MS). A identificação das substâncias voláteis foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas com presentes na base de dados fornecida pelo NIST versão 2.0 de 2012 e de dados da literatura.

2.3 Resultados

2.3.1 Bioensaios de olfatometria

As fêmeas de *L. sativae* quando expostas a voláteis dos genótipos de meloeiro comparados com ar mostraram diferenças significativas na frequência de entradas nos braços do olfatômetro ($\chi^2 > 4,08$; $df=1$; $P < 0,04$), exibindo maior frequência em braços com voláteis dos genótipos (FIGURA 5). Quanto ao tempo de permanência, as fêmeas de *L. sativae* permaneceram maior tempo no braço com voláteis do híbrido comercial Goldex ($t= 3,47$; $df= 23,8$; $P= 0,002$) e no genótipo CNPH 11-1071-43 ($t= 2,67$; $df= 18,0$; $P= 0,015$) do que em braços com ar (FIGURA 6). Em contraste, o tempo de permanência de insetos não foi significativamente diferente nos genótipos CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 quando comparados com o ar ($P > 0,23$) (FIGURA 6).

Adultos de *L. sativae* apresentaram maior frequência no braço contendo voláteis do híbrido comercial Goldex do que nos genótipos CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 ($\chi^2 > 5,8$; $df=1,0$; $P < 0,01$) (FIGURA 7). O inseto permaneceu mais tempo no odor do híbrido comercial Goldex que em plantas dos genótipos CNPH 06-1047-343 ($t = 2,38$; $df=38,0$; $P=0,02$) e CNPH 06-1047-341 ($t = 5,26$; $df=40,0$; $P < 0,01$). Os demais tratamentos não diferiram ($P > 0,06$) (FIGURA 8).

FIGURA 5. Frequência para fêmeas de *Liriomyza sativae* em braços do olfatômetro tratados (compostos voláteis de plantas de meloeiro) e controle (ar), (linha: 25% de proporção esperada para significância estatística; *: diferença significativa).

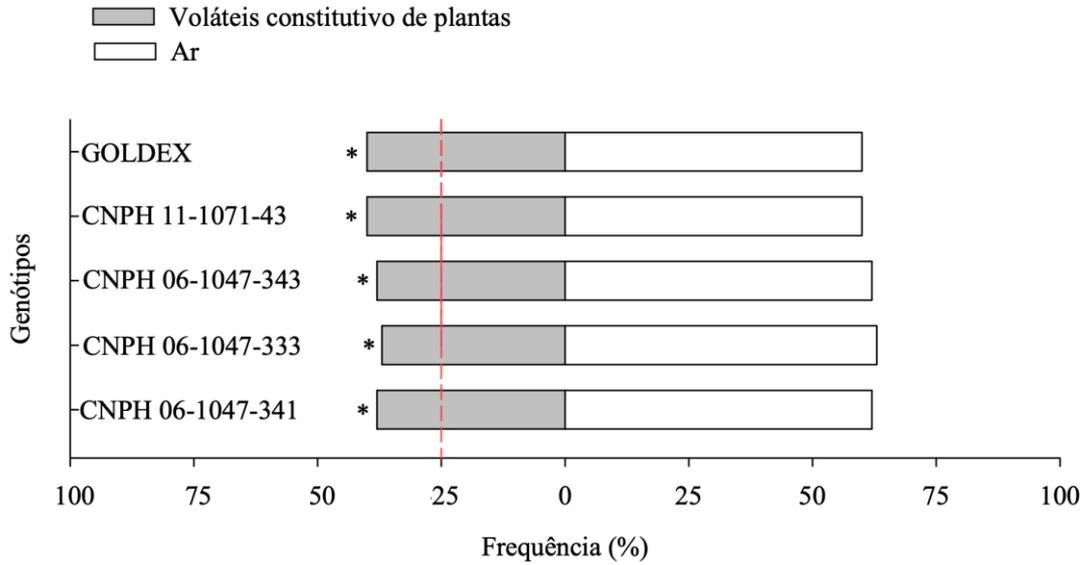


FIGURA 6. Tempo de permanência para fêmeas de *Liriomyza sativae* em braços do olfatômetro tratados (compostos voláteis de plantas de meloeiro) e controle (ar), *: diferença significativa).

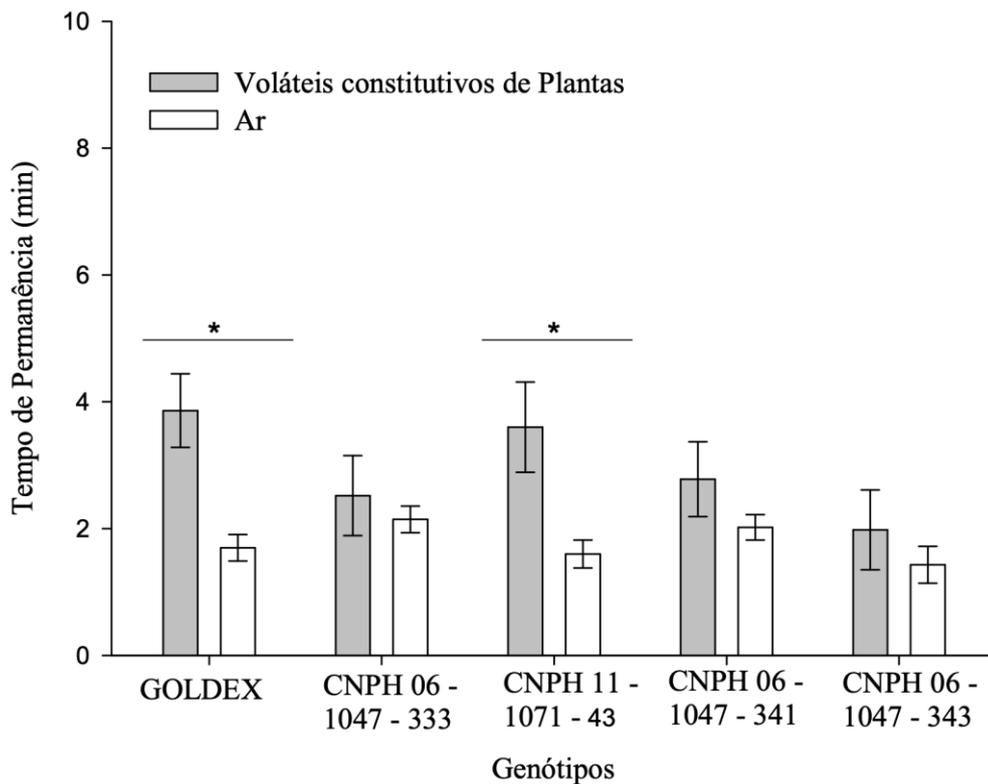


FIGURA 7. Frequência para fêmeas de *Liriomyza sativae* em braços do olfatômetro tratados com compostos voláteis constitutivos de genótipos de meloeiro contra voláteis constitutivos do híbrido comercial Goldex, (*: diferença significativa).

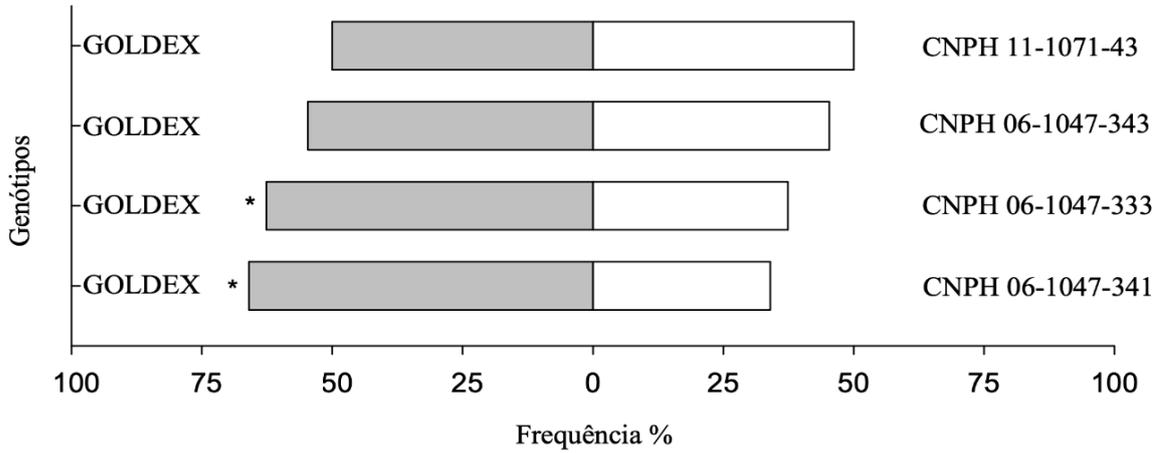
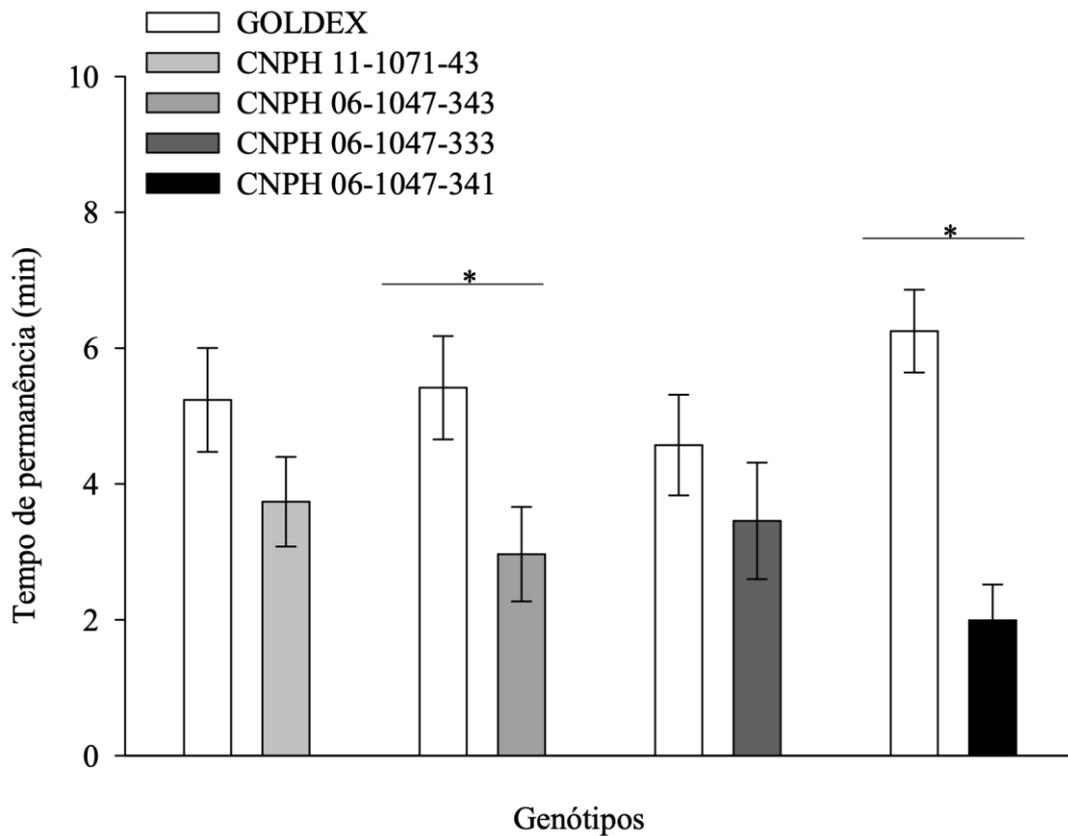


FIGURA 8. Tempo de permanência para fêmeas de *Liriomyza sativae* em braços do olfatômetro tratados com compostos voláteis constitutivos de genótipos de meloeiro contra voláteis constitutivo do híbrido comercial Goldex, (*: diferença significativa).



2.3.2 Extração de voláteis de folhas de meloeiro

Através das análises dos perfis voláteis dos genótipos de meloeiro foi possível a identificação de oito compostos orgânicos voláteis (TABELA 1). No híbrido comercial Goldex os compostos majoritários com percentual volátil acima de 1%, foram: (E)- β -ocimene, ácido acético, (Z)- β -ocimeno, allo-ocimeno, neo-allo-ocimeno e linalol.

No genótipo CNPH 11-1071-43, o ácido acético e o (E)- β -ocimeno representam 44,69 % da composição volátil nas folhas de meloeiro. Apenas o ácido acético foi identificado na composição volátil dos genótipos de meloeiro CNPH 06-1047-343 e CNPH 06-1047-333. No genótipo CNPH 06-1047-341 foram identificados como compostos majoritários o ácido acético, o (E)- β ocimeno e o (Z)- β -ocimeno.

TABELA 1. Compostos caracterizados e composição volátil (%) das folhas de genótipos de meloeiro por SPME-GC/MS.

Tempo de Retenção (min)	Composto	Genótipos				
		GOLDE X(%)	CNPH 11-1071-43 (%)	CNPH 06-1047-343(%)	CNPH 06-1047-333(%)	CNPH 06-1047-341 (%)
1,69	ácido acético	5,59	18,53	31,56	39,43	22,02
4,71	(Z)-3-hexen-1-ol	0,22	-	-	-	-
6,18	α -pineno	0,23	-	-	-	-
8,32	(Z) - β -ocimeno	3,14	1,82	-	-	5,11
8,54	(E)- β -ocimeno	46,29	26,16	-	-	6,82
9,42	linalol	1,36	0,14	-	-	-

2.4 Discussão

É fundamental conhecer sobre o funcionamento dos compostos voláteis de plantas na seleção hospedeira dos insetos-praga, pois tais conhecimentos fornecem subsídios para técnicas sustentáveis de manejo de pragas (LI *et al.*, 2014), e podem ser úteis em programas de melhoramento genético vegetal ao auxiliar na identificação de cultivares resistentes ou tolerantes a insetos-praga (ROBBINS *et al.*, 2012, UVAH; COAKER, 1984).

Por meio do primeiro bioensaio, ficou claro que voláteis constitutivos tanto o híbrido comercial Goldex quanto os quatro genótipos de meloeiro testados são altamente atrativos a fêmeas de *L. sativae*. Além disso, pôde-se confirmar a maior suscetibilidade do híbrido comercial Goldex, e ainda exibiu a maior suscetibilidade do genótipo CNPH 11-1071-43 em relação aos demais, pois o tempo de permanência das fêmeas de *L. sativae* foi maior para voláteis dessas plantas do que para o ar. Os compostos voláteis do híbrido comercial Goldex e do genótipo CNPH 11-1071-43, apresentaram dessa forma um efeito arrestante, ou seja, estimularam os insetos a passarem mais tempo nos braços do olfatômetro onde os voláteis estavam distribuídos.

Embora o genótipo CNPH 06-1047-333 tenha estimulado menos visitas e CNPH 06-1047-343 menor tempo de permanência do que o híbrido comercial Goldex, CNPH 06-1047-341 foi o único dentre os quatro genótipos testados que apresentou menos visitas e menor permanência que o híbrido Goldex. Por outro lado, CNPH 11-1071-43 foi o único genótipo cujas frequência de visitas e permanência não diferiram significativamente do híbrido comercial Goldex. De fato, *L. sativae* é capaz de distinguir e selecionar hospedeiros específicos pela percepção de compostos voláteis (ZHAO; KANG, 2002). Esta informação, aliada aos resultados apresentados no presente estudo, sugerem não apenas que CNPH 11-1071-43 e híbrido Goldex são mais susceptíveis a *L. sativae* que os demais genótipos, mas também que CNPH 06-1047-341 é o genótipo menos suscetível dentre todos aqueles testados. Embora um grande número de compostos voláteis de plantas hospedeiras e não hospedeiras de mosca-minadora tenham sido identificados (WEI *et al.*, 2007), as respostas comportamentais de espécies de *Liriomyza* aparentemente relacionam-se com “misturas-chave” de compostos voláteis (BRUCE; WADHAMS; WOODCOCK, 2005).

Dos oito compostos orgânicos voláteis identificados, a partir do híbrido comercial Goldex e dos quatro genótipos de meloeiro, apenas linalol, allo-ocimeno, e neo-allo-ocimeno estiveram presentes nos dois meloeiros mais atraentes (híbrido Goldex e

CNPH 11-1071-43) ao mesmo tempo em que estiveram ausentes dos meloeiros menos atraentes (CNPH 06-1047-333, CNPH 06-1047-341, e CNPH 06-1047-343). Estes resultados sugerem que a presença de linalol, allo-ocimeno, e neo-allo-ocimeno, sozinhos ou em combinações duplas ou triplas, está positivamente associada à atratividade a *L. sativae*. Essa possibilidade é suportada por Egonyu *et al.*, (2013) e Wanjiku *et al.*, (2014) que também identificaram os compostos (Z)-ocimeno, (E)-ocimeno e allo-ocimeno em folhas de cajueiro e mostraram através de bioensaios comportamentais que em misturas esses compostos são atrativos para o inseto-praga percevejo *Pseudotheraptus wayi* (Heteroptera: Coreidae) e o inimigo natural formiga *Oecophylla longinoda* (Latreille) (Hymenoptera: Formicidae).

Adicionalmente, a semelhança na atratividade dos voláteis do híbrido Goldex e de CNPH 11-1071-43 para *L. sativae* pode ser confirmada ao observar que a frequência de entrada e o tempo de permanência do inseto não foi diferente quando os genótipos foram oferecidos simultaneamente como fonte de odor. Da mesma forma, o tempo gasto de formiga *O. longinoda* não foi diferente quando exposto a duas fontes de odores atrativas: (E)- β -ocimeno, (Z)- β -ocimeno e alo-ocimeno em mistura e extrato volátil de folhas de cajueiro (WANJIKU *et al.*, 2014).

Os perfis químicos dos voláteis identificados como pouco atrativos para determinado inseto-praga são indicadores de plantas resistentes ou tolerantes ao mesmo (ROBBINS *et al.*, 2012). Verificou-se que apesar de responderem aos voláteis dos genótipos CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 em relação ao ar, *L. sativae* preferiram e/ou passaram mais tempo nos voláteis do híbrido comercial Goldex em relação ao desses genótipos. O baixo tempo de residência dos insetos em voláteis de plantas pode sugerir menor oviposição (FANCELLI *et al.*, 2018). De fato, os genótipos CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-341 expressam características de antixenose para alimentação e oviposição de *L. sativae*, ademais CNPH 06-1047-341 e CNPH 06-1047-333 são antibióticos ao inseto, pois sustentam taxas de viabilidade larval reduzida à zero (OLIVEIRA, 2017).

Diferenças nos perfis químicos dos genótipos de meloeiro avaliados podem explicar a menor preferência de *L. sativae* para voláteis de CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341. Estes genótipos possuem uma menor quantidade de compostos voláteis que o híbrido comercial Goldex e o genótipo CNPH 11-1071-43, além disso, possuem maiores concentrações de ácido acético que muito possivelmente relaciona-se com a repelência de *L. sativae* a esses genótipos. A principal forma de atuação do ácido

acético é a repelência aos insetos-praga, a exemplo do controle de mosca branca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de meloeiro (AZEVEDO *et al.*, 2005).

Adicionalmente, Ren *et al.* (2008) determinaram os efeitos repelentes à oviposição do óleo de melão amargo (*Momordica charantia*) em adultos de *L. sativae* e atribuíram sua dissuasão ao conteúdo químico, incluindo os ácidos acético, fórmico e benzóico. Ressalta-se ainda que embora (Z) - β -ocimeno tenha sido identificado nos genótipos atrativos (híbrido comercial Goldex e CNPH 11-1071-43), esse composto foi encontrado em maior concentração em CNPH 06-1047-341. Sabe-se que nos insetos (Z) - β -ocimeno pode causar estímulos que variam entre atratividade ou repelência (ANDRADE *et al.*, 2016, EGONYU *et al.*, 2013, WANJIKU *et al.*, 2014), estando presente em considerável quantidade em genótipos de *Citrus* sp. menos preferidos por psíldeo *Diaphorina citri*, Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) (ANDRADE *et al.*, 2016).

Portanto, existem evidências de que as seleções de material genético obtidas de CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 podem contribuir para os programas de melhoramento de melão que oferecem resistência a *L. sativae*.

**3 COMPOSTOS FENÓLICOS RELACIONADOS À RESISTÊNCIA DO
MELOEIRO À MOSCA-MINADORA, *Liriomyza sativae***

RESUMO

Os compostos fenólicos possuem um papel crucial na defesa de plantas contra insetos-praga, deste modo estudos sobre estes são importantes para seleção de plantas com características de resistência a determinada praga. Assim, plantas resistentes podem ser utilizadas como alternativa de controle para mosca-minadora *Liriomyza sativae* em meloeiro (*Cucumis melo* L.). Objetivou-se nesse estudo caracterizar os compostos fenólicos dos genótipos de meloeiro (híbrido comercial Goldex, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341), bem como a ação antibiótica destes compostos sobre *L. sativae*. Para caracterização dos compostos fenólicos foram preparados extratos de folhas de meloeiro, seguindo a metodologia de partição líquido-líquido com ultrassom para análise em cromatografia líquida de ultra-eficiência acoplada a espectrometria de massas em alta resolução (UPLC-QTOF-MSE). A obtenção dos fenóis totais foi possível com as leituras das absorvâncias no comprimento de onda de 725 nm e em triplicata. Plantas de meloeiro foram infestadas com *L. sativae* e posteriormente feita avaliações de viabilidades larval e pupal. Os compostos fenólicos identificados foram: ácido hidroxibenzoico-hexosídeo, ácido ferúlico e ácido tri-hidroxi octa ecadienóico. O genótipo de meloeiro CNPH 06-1047-333, propiciou inviabilidade de 100% de pupas de *L. sativae*. Os genótipos CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 apresentaram, respectivamente, o maior e o menor teor de fenólicos totais, mas não obteve-se diferenças significativas entre estes dois genótipos quanto às viabilidades larval e pupal de *L. sativae*, indicando falta de relação entre os fenóis totais e a resistência antibiótica dos genótipos de meloeiro a *L. sativae*.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. Fenóis totais. Resistência de plantas. Viabilidade larval. Viabilidade pupal.

ABSTRACT

Phenolic compounds play a crucial role in defending plants against insect pests, therefore, studies on them are important for the selection of plants with characteristics of resistance to a certain pest. Thus, resistant plants can be used as a control alternative for leaf miner flies, *Liriomyza sativae* in melon (*Cucumis melo* L.). The objective of this study is to characterize the phenolic compounds of the melon genotypes (Goldex commercial hybrid, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 and CNPH 06-1047-341), as well as the antibiotic action of these compounds on *L. sativae*. To characterize the phenolic compounds, extracts of melon leaves were prepared, following the liquid-liquid partition methodology with ultrasound for analysis in ultra-efficient liquid chromatography attached to high resolution mass spectrometry (UPLC-QTOF-MSE). Obtaining total phenols was possible with the absorbance readings at the wavelength of 725 nm and in triplicate. Melon plants were infested with *L. sativae* and later assessments of larval and pupal viability were also made. The phenolic compounds identified were: hydroxybenzoic-hexoside acid, ferulic acid and trihydroxy octa ecadienic acid. The melon genotype CNPH 06-1047-333, provided infeasibility of 100% of pupae of *L. sativae*. The genotypes CNPH 06-1047-333 and CNPH 06-1047-341 had, respectively, the highest and the lowest total phenolic content, but there were no significant differences between these two genotypes regarding the larval and pupal viability of *L. sativae*, indicating lack of relationship between total phenols and antibiotic resistance of melon genotypes to *L. sativae*.

Keywords: *Cucumis melo*. Total phenols. Plant resistance. Larval viability. Pupal viability.

3.1 Introdução

Na cultura do melão (*Cucumis melo* L.) a mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), é considerada praga chave e tem ocasionado sérios problemas nos cultivos. As injúrias ocasionadas nas folhas levam a sérios danos que podem ser diretos e indiretos (MINKENBERG; LENTEREN, 1986). Os danos diretos são decorrentes da alimentação das larvas, que através da atividade de minação, podem promover a secagem das folhas e reduzir a capacidade fotossintética originando frutos com baixo teor de sólidos solúveis totais (°brix) (ARAÚJO *et al.*, 2007). As minas também podem ocasionar danos indiretos por servir de porta de entrada para microrganismos oportunistas, tais como fitopatógenos (DURAIRAJ *et al.*, 2010).

O controle da mosca-minadora em meloeiro tem sido realizado principalmente com a utilização de inseticidas registrados para a cultura (AGROFIT, 2020). Em geral, recomenda-se o uso de inseticidas direcionados a fase larval. No entanto, o controle é dificultado devido à proteção desse estágio, uma vez que as larvas permanecem dentro do tecido foliar (PARRELLA, 1987). Além disso, a aplicação indiscriminada de inseticidas vem selecionando populações resistentes de insetos-praga (ARAUJO *et al.*, 2012; HERNÁNDEZ; HARRIS; LIU, 2011) e causando impacto contra os inimigos naturais (FERNANDES, 2004). Assim, torna-se fundamental a busca de novos métodos de controle no Manejo Integrado de Pragas (MIP) para a mosca-minadora no meloeiro. Nesse contexto, o uso de genótipos que apresentem características que confirmem resistência destaca-se como uma estratégia valiosa.

A resistência de plantas às pragas envolve muitos fatores e um deles é a presença de compostos fenólicos na constituição do vegetal (KULBAT, 2016; NUTT; O'SHEA; ALLSOPP, 2004). Esses compostos têm um papel fundamental na resistência de plantas contra os insetos-praga, agindo como bloqueadores do consumo do tecido vegetal e inibidores da digestão (BOERJAN; RALPH; BAUCHER, 2005; KULBAT, 2016).

Genótipos de soja (*Glycine max* L.) resistentes a insetos-praga apresentam maior concentração de flavonóides, como o flavonol glicosídeo rutina (quercetina-3-O-rutinosídeo) e a isoflavona genistina (genisteína-7-O-b-D-glucósido) (HOFFMANN-CAMPO; HARBORNE; MCAFFERY, 2001; HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2006). Esses metabólitos afetam lagartas desfolhadoras, como a falsa medideira *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) e a lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae) fazendo com que estas alimentem-se menos e interferindo de forma negativa na

sobrevivência e peso pupal (HOFFMANN-CAMPO; HARBORNE; MCAFFERY, 2001; HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2006).

A quantificação e o tipo dos compostos fenólicos são importantes para selecionar genótipos resistentes à insetos-praga, uma vez que os compostos fenólicos afetam características de suscetibilidade/resistência de plantas (KUMAR *et al.*, 2014). Assim, objetivou-se caracterizar os compostos fenólicos dos genótipos de meloeiro (híbrido comercial Goldex, CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341), bem como a ação antibiótica destes compostos sobre *L. sativae*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Cultivo do meloeiro

Para obtenção das plantas de meloeiro, sementes foram cultivadas em bandejas de polietileno, utilizando como substrato fibra de coco e HS-Florestal, na proporção de 1:1 (FIGURA 1A). As bandejas foram mantidas em laboratório de entomologia da Embrapa Agroindústria Tropical por 2 dias, cobertas por plástico preto. Posteriormente, as plantas foram levadas para casa de vegetação situada na Embrapa Agroindústria Tropical. Após 10 dias, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 0,3 L, contendo HS-Florestal, areia e húmus de minhoca na proporção de 3:3:1 (FIGURA 1B).

Após 10 dias do transplante as plantas apresentavam três folhas completamente desenvolvidas e foram utilizadas nos experimentos (FIGURA 1C). Cinco genótipos de meloeiro foram estudados: o híbrido comercial Goldex, CNPH 11-1071-43; CNPH 06-1047-343; CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341. A seleção dos genótipos foi baseada em ensaios preliminares de laboratório, avaliando a resistência de genótipos de meloeiro a *L. sativae*, sendo o híbrido comercial Goldex utilizado como padrão suscetível e os genótipos CNPH 11-1071-43; CNPH 06-1047-343; CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 resistente por antibiose a *L. sativae* (OLIVEIRA, 2017).

FIGURA 1. Cultivo das plantas de meloeiro para realização dos experimentos. (A) Plântulas recém-emergidas em bandejas de polietileno. (B) Plântulas transplantadas para vasos plásticos (300 mL) 10 dias após a emergência. (C) Plantas com três folhas completamente desenvolvidas 10 dias após o transplante.

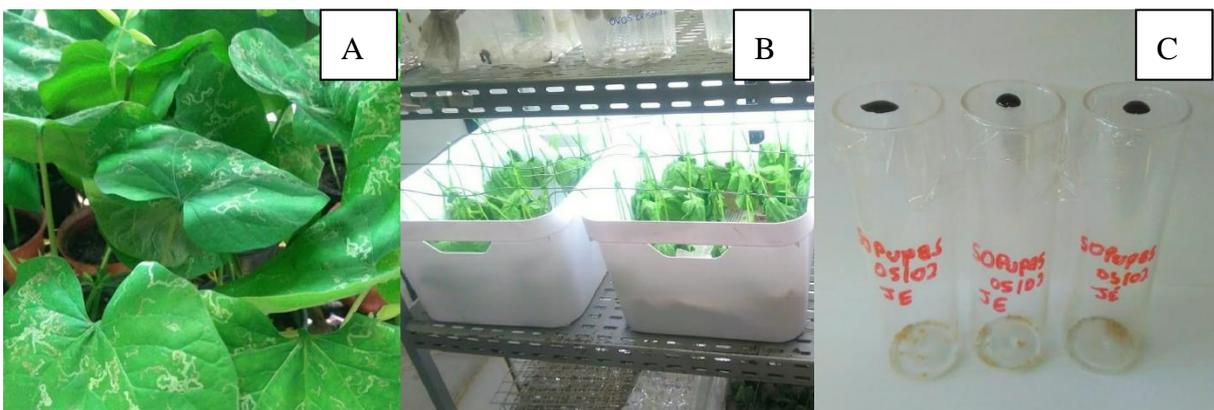


3.2.2 Criação da mosca-minadora

A colônia de *L. sativae* foi estabelecida a partir de folhas de meloeiro com a presença de minas, coletadas em cultivos comerciais no município de Mossoró-RN. O estabelecimento da criação foi baseado na metodologia proposta por BRAGA-SOBRINHO *et al.* (2011). Adultos de *L. sativae* foram mantidos em gaiolas de madeira recobertas com tecido “voil” (100 x 100 x 100 cm), contendo mudas de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) (Fabaceae).

Para a obtenção das plantas, sementes foram cultivadas em vasos de polietileno com capacidade de 0,3 litros de substrato. Após 10 dias do cultivo, as plantas foram dispostas em gaiolas para infestação por 24h com adultos da mosca-minadora. Após quatro dias da infestação, com o desenvolvimento das larvas e das minas nas folhas (FIGURA 2A), as folhas foram penduradas em bandejas plásticas, para a obtenção das pupas (FIGURA 2B). As pupas foram colocadas em tubos de vidro (12 mm x 75 mm) forrados com filme de PVC na parte superior (FIGURA 2C). No filme de PVC foram feitos alguns micro furos, e adicionou-se uma pequena porção de mel para a alimentação dos adultos (FIGURA 2C).

FIGURA 2. Criação da mosca-minadora (*Liriomyza sativae*) em folhas de feijão-de-porco. (A) Presença de minas da mosca em folhas de feijão-de-porco. (B) Folhas penduradas em bandejas plásticas para a obtenção das pupas. (C) Tubos de vidro com pupas para obtenção dos insetos adultos (mel sobre o filme de PVC para alimentação).



3.2.3 Extração de substâncias químicas do extrato etanólico das folhas de meloeiro

As folhas dos genótipos híbrido comercial Goldex (suscetível), CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333, CNPH 06-1047-341 (resistentes) foram cultivadas em telado por 21 dias, tempo necessário para sua completa expansão das folhas. A preparação dos extratos foi realizada por partição líquido-líquido em banho ultrassom, 50 mg do material vegetal, pesado após secagem e moagem em triplicata, foi pesado em tubos de ensaio e 4mL de hexano foi adicionado para eliminação de interferentes, e homogeneizados em vórtex por 1 minuto.

Em seguida, o material foi colocado em banho ultrassom por 20 minutos com potência fixa de 135W. 4 mL de uma solução etanol/água (70:30), após adicionou-se aos tubos que seguiram em banho ultrassom por 20 minutos para extração dos compostos de interesse. Os tubos foram centrifugados por 10 minutos a 3000 rpm para facilitar a separação da partição. Através de uma pipeta de Pasteur, foi retirado uma alíquota de 1mL da fase inferior (etanólica), filtrado e, filtro de PTFE 0,20 µm e recolhido em *vials*, armazenados em ultra freezer (-80°C), para posterior análise em cromatografia líquida de ultra eficiência acoplada a espectrometria de massas em alta resolução (UPLC-QTOF-MS^E).

3.2.4 Quantificação dos compostos fenólicos totais

Para a quantificação de fenólicos totais dos extratos etanólicos, foi utilizada a metodologia de *Folin-Ciocalteu*, com modificações. Cada extrato foi solubilizado em uma mistura etanol/água e adicionado em balões de 10 ml em triplicata. Utilizou-se 0,5 ml de cada extrato solubilizado em tubos de ensaio.

Para o branco foi utilizado 0,5 ml de etanol 10%. Em seguida, 0,5 ml do reagente Folin-Ciocalteu foi adicionado em cada tubo, agitados no vórtex e, após 3 minutos, 0,5 ml da solução de carbonato de sódio anidro 20 % (Na₂CO₃) foi adicionado completando o volume de 5 ml com 3,5 ml de água destilada. Soluções dos extratos foram deixadas para reagir, na ausência de luz, por um período de 90 min.

As leituras das absorbâncias foram realizadas utilizando um espectrofotômetro Carry no comprimento de onda de 725 nm comparando amostra e branco. A curva de calibração foi feita e para cada ponto de concentração foi construída a curva de calibração e

obtenção da equação da reta. Posteriormente, a partir da média das triplicatas obteve-se o valor médio da absorvância para cada extrato.

Os dados da concentração de fenólicos totais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de variâncias pelo teste de Levene. A diferença entre os genótipos para a concentração de fenólicos totais foi verificada por análise de variância e a comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey a 0,05 por meio do procedimento GLM do software SAS (SAS Institute Inc, 2013).

3.2.5 Identificação dos compostos fenólicos

Os perfis químicos encontrados utilizando-se o sistema UPLC-QTOF-MSE foram analisados com o software MassLynx (V4.1) com posterior identificação de compostos químicos em folhas de meloeiro, especialmente compostos fenólicos. As análises foram realizadas em um sistema Acquity UPLC (Waters, EUA), acoplado a um espectrômetro de massa Xevo Quadrupole e Time-of-Flight (Q-TOF, Waters). As separações foram realizadas em uma coluna C18 (Waters Acquity® UPLC C18 - 150 mm × 2,1 mm, 1,7 µm). Uma alíquota de 2 µL de extrato fenólico foi submetida a um gradiente exploratório com a fase móvel composta de água deionizada (A) e acetonitrila (B), ambas contendo ácido fórmico (0,1% v/v) seguindo as seguintes condições: 2-95% por 15 min, fluxo de 400 µL min⁻¹.

A análise de espectrométrica foi realizada em modo de ionização “eletronspray” (ESI) negativo e positivo, adquiridos na faixa de 110 a 1200 Da. Em modo negativo: tensão capilar em 2800 V, tensão do cone em 50 V, temperatura da fonte em 120°C, temperatura de dessolvatação a 350°C, fluxo de cone de gás a 20 Lh⁻¹, fluxo de gás de dessolvatação a 500 Lh⁻¹. Em modo positivo, os parâmetros foram os seguintes: tensão capilar a 3200 V, tensão do cone a 35 V, temperatura da fonte a 120°C, temperatura de dessolvatação a 350°C, fluxo de gás de dessolvatação a 500 Lh⁻¹. O modo de aquisição foi o MSE e o sistema foi controlado usando o software MassLynx 4.1 (Waters Corporation).

Para análise dos diferentes compostos identificados nos genótipos estudados foi realizado um método hierárquico de análise de cluster resultando na visualização de um mapa de calor (heatmap). A área dos 10 compostos das folhas foi visualizado no software GENE-E para o reconhecimento dos extratos e a classificação foi realizada em linhas e colunas. O método da distância de correlação de Pearson, usando o método de linkage

completo, foi aplicado para aglomerar os tempos de retenção (linhas) e medir a proximidade entre as amostras (colunas). O resultado ilustra um dendrograma 3D (mapa de calor), no qual a cor vermelha representa as concentrações relativas mais altas, azul claro as concentrações intermediárias e azul escuro, as concentrações relativas mais baixas.

3.2.6 Viabilidade larval e pupal de *L. sativae*

Plantas dos genótipos de meloeiro contendo três folhas desenvolvidas foram levadas para sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $75 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas) para processo de infestação com adultos de *L. sativae* recém emergidos. Cada genótipo foi individualizado em uma única gaiola (100 x 100 x 100 cm), apresentando seis repetições (plantas). Posteriormente, cada planta foi infestada com oito adultos da mosca-minadora por 24 horas, sendo 4 fêmeas e 4 machos, totalizando 48 insetos adultos por repetição. Em seguida, as plantas foram postas em bancadas em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $75 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas), e permaneceram até o surgimento das minas para posterior quantificação do número de minas, pupas e adultos emergidos. As viabilidades de larvas e pupas foram calculadas de acordo com as equações 1 e 2, respectivamente.

Viabilidade larval (%) = $100 \times (\text{número de pupas} / \text{número de larvas})$

Viabilidade pupal (%) = $100 \times (\text{número de adultos emergidos} / \text{número de pupas})$

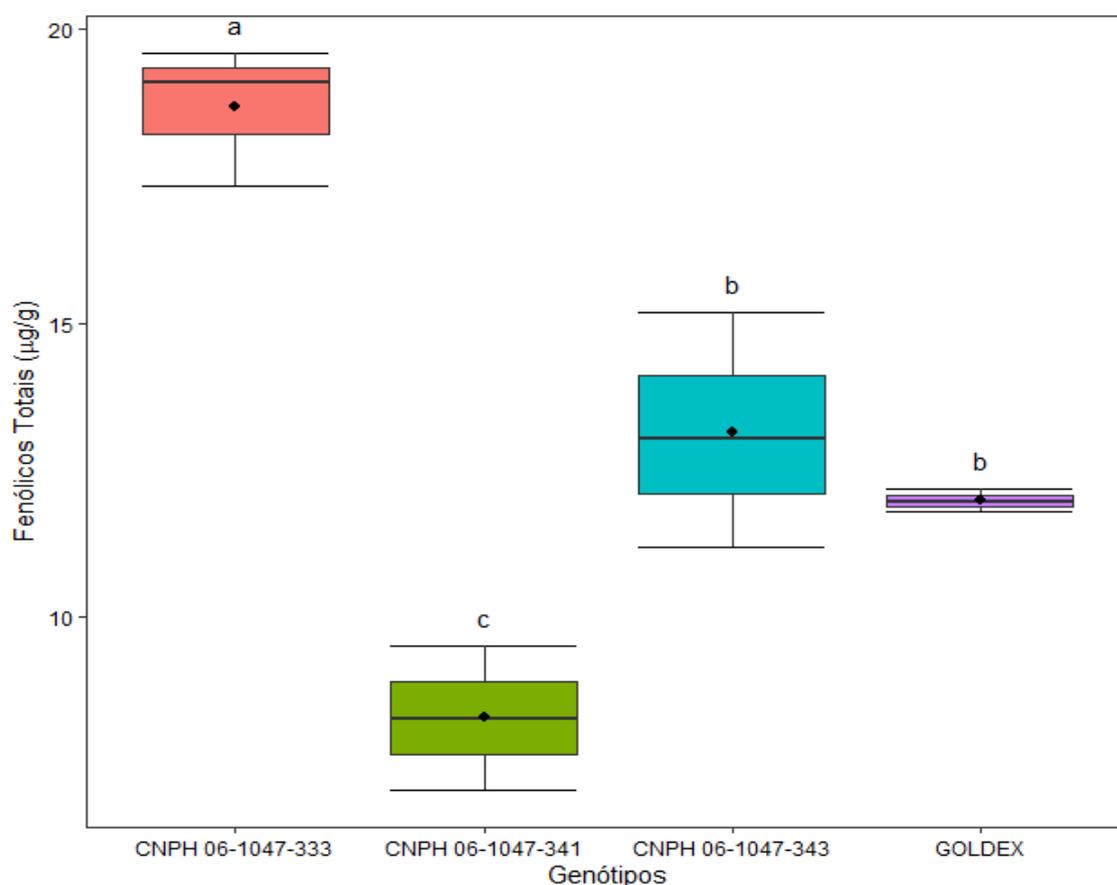
Os dados referentes a viabilidade larval e pupal foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de variâncias pelo teste de Levene. Os dados de viabilidade larval e pupal não apresentaram distribuição normal, portanto foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguidos pelo teste DSCF (Dwass-Steel-Critchlow-Fligner) post hoc, à um nível de significância de 0,05 por meio do procedimento NPAR1WAY do software SAS (SAS Institute Inc, 2019).

3.3 Resultados

3.3.1 Teor total de compostos fenólicos

A quantidade de compostos fenólicos totais variou significativamente dentre os genótipos de meloeiro. A maior quantidade de compostos fenólicos foi encontrada no genótipo CNPH 06-1047-333 (18,68 mg/g). Uma significativa quantidade de compostos fenólicos foi encontrada no genótipo CNPH 06-1047-343 (13,16 mg/g) e no híbrido comercial Goldex (suscetível) (11,97 mg/g), enquanto CNPH 06-1047-341 apresentou baixa quantidade de compostos fenólicos (8,27 mg/g) (FIGURA 1).

FIGURA 1: Teor de compostos fenólicos totais nos genótipos de meloeiro (*Cucumis melo* L.) por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de variâncias através do teste de Levene. Diferenças entre os genótipos para a concentração de fenólicos totais verificada por análise de variância e comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey a 0,05 no SAS (SAS Institute Inc, 2013).



3.3.2 Identificação dos compostos fenólicos

Três compostos fenólicos foram identificados: ácido hidroxibenzoico-hexosídeo, ácido ferúlico e ácido tri-hidroxi octadecadienóico. A Tabela 1 apresenta os compostos e estruturas identificadas nas amostras de extratos de folhas de meloeiro.

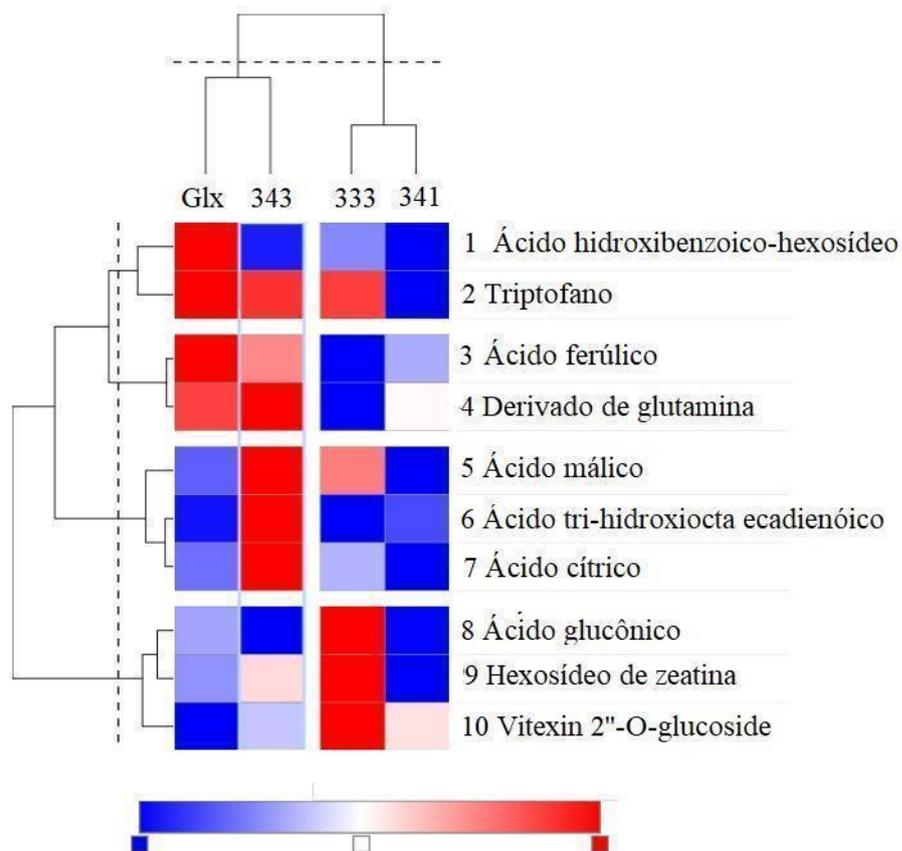
TABELA 1. Identificação de compostos químicos em modo negativo do extrato de folha de melão, por UPLC-QTOF-MSE, com o uso do software MassLynx 4.1 (Waters Corporation) e identificação através de dados de literatura.

Picos	Tr (min)	[M-H] ⁻ Observado	[M-H] ⁻ Calculado	Fragmentos Ions (MS/MS)	Fórmula Empírica	Erro (ppm)	Nome	Referências
1	0,88	195,0499	195,0505	-	C ₆ H ₁₁ O ₇	-3,1	Ácido glucônico	OZAROWSKI <i>et al.</i> , 2018
2	0,99	133,0135	133,0137	-	C ₄ H ₅ O ₅	-1,5	Ácido málico	OZAROWSKI <i>et al.</i> , 2018
3	1,01	191,0185	191,0192	111	C ₆ H ₇ O ₇	-3,7	Ácido cítrico	RODRÍGUEZ-PÉREZ <i>et al.</i> , 2013
4	2,29	380,1566	380,1577	146	C ₁₆ H ₂₂ N ₅ O ₆	-1,1	Hexosídeo de zeatina	RODRÍGUEZ-PÉREZ <i>et al.</i> , 2013
5	2,71	203,0826	203,0821	116	C ₁₁ H ₁₁ N ₂ O ₂	2,5	Triptofano	OZAROWSKI <i>et al.</i> , 2018
6	2,94	299,0759	299,0759	137	C ₁₃ H ₁₅ O ₈	-2,7	Ácido hidroxibenzoico-hexosídeo	OZAROWSKI <i>et al.</i> , 2018
7	3,36	193,051	193,0501	134	C ₁₀ H ₉ O ₄	4,7	Ácido ferúlico	RODRÍGUEZ-PÉREZ <i>et al.</i> , 2013
8	3,9	593,1506	593,1506	473; 413; 293	C ₂₇ H ₂₉ O ₁₅	0	Vitexin 2''-O-glucoside	OZAROWSKI <i>et al.</i> , 2018
9	4,18	467,2084	467,207	205; 163	C ₂₇ H ₃₁ O ₇	3	Não Identificado	-
10	5,26	577,2291	577,2285	471; 442	C ₂₉ H ₃₇ O ₁₂	1	Não Identificado	-
11	5,35	361,1367	361,1359	145; 127	C ₁₃ H ₂₁ N ₄ O ₈	2,2	Derivado de glutamina	OZAROWSKI <i>et al.</i> , 2018
12	6,28	693,3204	693,3204	205; 161	C ₂₈ H ₅₃ O ₁₉	3,3	Não Identificado	-
13	6,83	327,2163	327,2171	229; 211	C ₁₈ H ₃₁ O ₅	-2,4	Ácido tri-hidroxi octadecadienóico	RODRÍGUEZ-PÉREZ <i>et al.</i> , 2013
14	8,4	177.067	177.0664	116	C ₉ H ₉ N ₂ O ₂	3,4	Não Identificado	-

3.3.3 Análise dos fenóis identificados

Através da análise de cluster que resulta na visualização de um mapa de calor (heat map), observou-se que o ácido hidroxibenzoico-hexosídeo está em maior concentração no híbrido comercial Goldex enquanto o ácido ferúlico em maior concentração no híbrido comercial Goldex e no genótipo CNPH 06-1047-343. Já o ácido tri-hidroxi octa ecadienóico está em grande concentração no genótipo CNPH 06-1047-343, em relação a todas plantas estudadas (FIGURA 2).

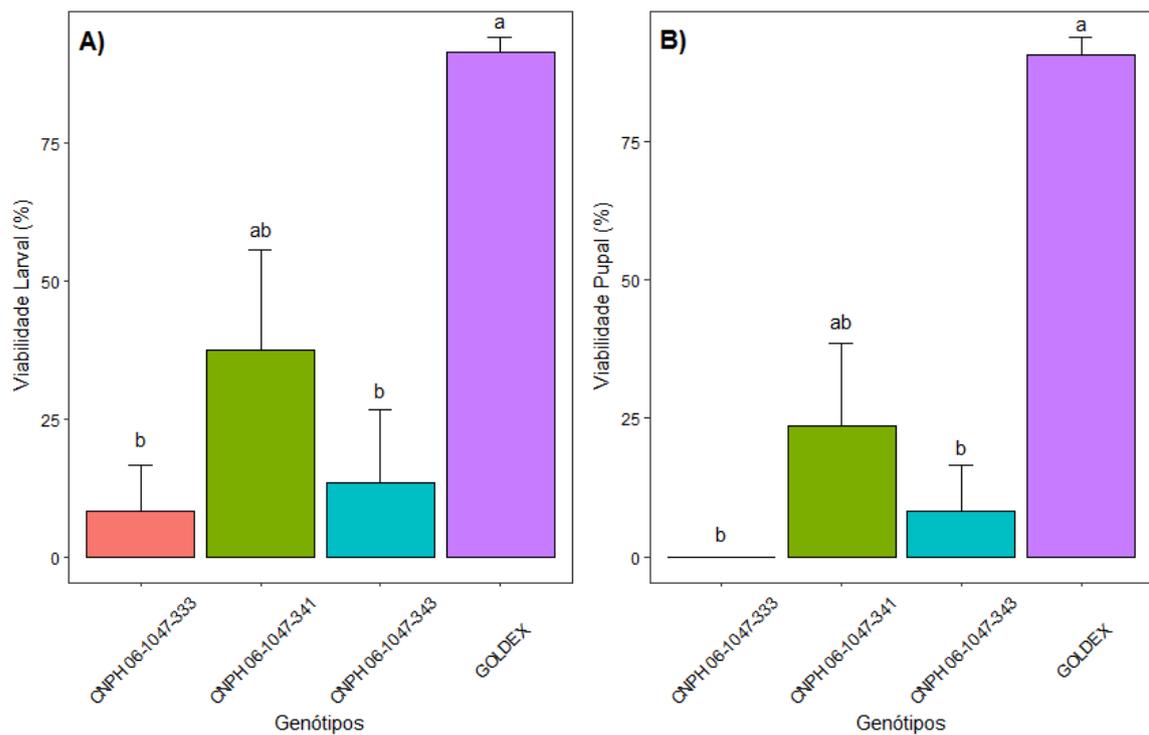
FIGURA 2: Dendograma (3D) das concentrações dos compostos químicos identificados nos genótipos de meloeiro, por meio do método de cluster, resultando na visualização de um mapa de calor (heat map). A cor vermelha representa as concentrações mais altas, azul claro as concentrações intermediárias e azul escuro, as concentrações mais baixas.



3.3.4 Viabilidade larval e pupal de *L. sativae*

A viabilidade larval e pupal de *L. sativae* nos genótipos de meloeiro foram significativamente diferentes (FIGURA 3). A maior viabilidade de larvas e pupas foram observadas no híbrido comercial Goldex seguido pelos genótipos CNPH 06-1047-341 e CNPH 06-1047-343. As menores viabilidades foram encontradas em CNPH 06-1047-333 (FIGURA 3).

FIGURA 3: Viabilidade larval e pupal de mosca-minadora *Liriomyza sativae* em genótipos de meloeiro, através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de variâncias pelo teste de Levene, submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguidos pelo teste DSCF (Dwass-Steel-Critchlow-Fligner) post hoc, à um nível de significância de 0,05 por meio do procedimento NPAR1WAY do SAS (SAS Institute Inc, 2019).



3.4 Discussão

A avaliação do perfil fenólico de folhas dos genótipos de meloeiro, revelou que as amostras apresentam perfis químicos muito semelhantes com pequenas diferenças quantitativas, ou seja, todos os genótipos estudados possuem os mesmos compostos fenólicos em concentrações distintas.

A produção de compostos do metabolismo secundário de plantas, são ativados por estímulos bióticos ou abióticos (TAIZ; ZEIGER, 2015; TREMACOLDI, 2009), e como a identificação das substâncias químicas no presente estudo, se deu a partir de folhas sem danos bióticos ou abióticos, possivelmente por isso os perfis químicos dos genótipos são semelhantes, com pequenas variações nas concentrações.

A viabilidade larval e pupal nos genótipos de meloeiro pode ser afetada pela maior e/ou menor quantidade de fenóis totais. Quando a resistência de plantas é caracterizada por antibiose, essa por sua vez está relacionada aos fatores químicos produzidos através do metabolismo secundário da planta, no qual afeta negativamente a biologia do inseto, interferindo no seu ciclo de desenvolvimento, reprodução e sobrevivência (SMITH, 2005; BOIÇA JUNIOR; JESUS, 2009). Os principais efeitos da antibiose são mortalidade da fase imatura, menor crescimento e peso, deformação e aumento no ciclo de vida do inseto (BOIÇA JUNIOR; JESUS, 2009).

Estudos com genótipos de mangueira (*Mangifera indica* L.) mostraram que plantas com menor teor de fenóis totais, são suscetíveis ao ataque da mosca-das-frutas, *Bactrocera dorsalis* Hendel (Tephritidae: Diptera). Já àquelas com maior teor de fenóis totais são resistentes ao ataque desse inseto (VERGHESE *et al.*, 2012). Os mesmos autores observaram em campo que as plantas suscetíveis sofreram infestação de 22 a 64% e para as plantas resistentes não foi observada infestação.

Uma maior quantidade de fenóis foi encontrada em genótipos resistentes de berinjela (*Solanum melongena* L.) a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) (HASANUZZAMAN *et al.*, 2018). Nesses genótipos houve uma menor oviposição, fecundidade e viabilidade de ninfas e adultos em relação a genótipos suscetíveis, fato que provavelmente relaciona-se com a maior quantidade de fenóis totais na composição química dos perfis dos genótipos. No presente estudo, os genótipos de meloeiro CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 apresentaram, respectivamente, o maior e o menor teores de fenólicos totais dentre todos os genótipos e híbrido estudados. Contudo, não se observaram diferenças significativas entre estes dois genótipos quanto às viabilidades larval e pupal de *L.*

sativae. Esta falta de correspondência entre resultados de teores fenólicos e viabilidade da praga indica falta de relação entre a presença de fenóis e a resistência antibiótica dos genótipos de meloeiro a *L. sativae*.

O composto p-hidroxibenzoico é um glicosídeo fenólico derivado de salicilatos. Vários benzenoides derivados do ácido salicílico, como o ácido benzoico, foram relacionados à resistência constitutiva de plantas a insetos- praga (WANG *et al.*, 2017). O ácido tri-hidroxi octa ecadienóico que está em grande concentração no genótipo CNPH 06-1047-343, em relação aos genótipos estudados, pode estar auxiliando na resistência desse genótipo. O ácido octa ecadienoico é um ácido linoleico conjugado (YURAWECZ *et al.*, 1995), e pode ser antioxidante (PARK *et al.*, 1997). A ativação dos compostos fenólicos ocorre por oxidação, impedindo o consumo do tecido vegetal e inibindo a digestão em insetos-praga (BOERJAN; RALPH; BAUCHER, 2005, KULBAT, 2016).

Os compostos ácido gálico, ácido ferúlico e ácido cinâmico foram identificados em folhas da cultivar suscetível de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) a broca do colmo *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), e para a cultivar resistente estes não estavam em sua constituição (TAVARES, 2016). Na planta resistente o ácido ferúlico foi produzido apenas sob herbivoria, enquanto para a cultivar suscetível o ácido ferúlico já estava presente na própria constituição da planta, não ocorrendo a indução de nenhum composto para a planta suscetível após herbivoria (TAVARES, 2016). Esses resultados evidenciam a importância dos estudos dos perfis fenólicos de plantas tanto constitutivos quanto induzidos.

Os ácidos hidroxicinâmicos, como o p-cumárico e ferúlico, podem agir como reservatórios de fenilpropanóides, para a biossíntese de lignina e suberina. A biossíntese aumentada de lignina no tecido radicular após a herbivoria possivelmente tem relação com um reforço da parede celular, que aumenta a barreira de proteção da planta (TAVARES, 2016), podendo ocorrer também para o tecido foliar. Tais ácidos são precursores de outras classes de compostos de defesa vegetal, como flavonóides, taninos, entre outros, que podem agir como adstringentes e/ou deterrentes (SOLECKA, 1997).

O ácido ferúlico se liga a parede celular de plantas através de reação de acoplamento catalisada pela peroxidase produzindo conseqüentemente o ácido diferúlico (MARKWALDER; NEUKOM, 1976). Esse composto foi identificado no presente estudo em maior concentração no híbrido comercial Goldex e no genótipo CNPH 06-1047-343. O ácido ferúlico e seus derivados agem protegendo as plantas de insetos-praga, vírus e fungos (PHELPS; YOUNG, 1996). Já o ácido diferúlico reforça e entrelaça a parede celular primária auxiliando a defesa vegetal contra insetos-praga e patógenos (BARTOLOME *et al.*, 1997,

BERVINGSON; ARNASON; HAMILTON, 1997). O ácido diferúlico tem aumentado em milho a resistência a insetos-praga tornando a parede celular das folhas mais rígidas (BERGVINSON; ARNASON; HAMILTON, 1997). O ácido ferúlico pode apresentar-se ligado à lignina, proteínas e polissacarídeos, interligando-os covalentemente entre si e essas ligações cruzadas implicam negativamente na digestibilidade da parede celular (DU *et al.*, 2009).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os genótipos de meloeiro testados são atrativos para fêmeas de *L. sativae*. Contudo, os genótipos CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e, especialmente, CNPH 06-1047-341 são menos atrativos que CNPH 11-1071-43 e o híbrido comercial Goldex. Isto sugere menor suscetibilidade dos genótipos CNPH 06-1047-343, CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 a *L. sativae*. A menor atratividade dos genótipos está associada à ausência dos compostos linalol, allo-ocimeno, e neo-allo-ocimeno, e possivelmente também à maior concentração de ácido acético em sua composição volátil.

Os compostos fenólicos identificados em todos os genótipos estudados (em concentrações distintas) foram: ácido hidroxibenzoico-hexosídeo, ácido ferúlico e ácido tri-hidroxi octa ecadienóico. O genótipo de meloeiro CNPH 06-1047-333, apresentou pupas inviáveis, caracterizando-se com resistência do tipo antibiose a *L. sativae* no meloeiro. Os genótipos CNPH 06-1047-333 e CNPH 06-1047-341 apresentaram, respectivamente, o maior e o menor teores de fenólicos totais, no entanto não houve diferenças significativas entre estes dois genótipos quanto às viabilidades larval e pupal de *L. sativae*, indicando falta de relação entre os fenóis totais e a resistência antibiótica dos genótipos de meloeiro a *L. sativae*.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS (2019). Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 2 jan 2020.
- ANDRADE, M. S.; RIBEIRO, L. P.; BORGONI, P. C.; SILVA, M. F. G. F.; 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**, [s.l.], v. 21, n. 6, p. 814, 2016.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Monografias de agrotóxicos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 08 mar. 2020.
- ARAUJO, E. L.; COSTA, E. M.; FILHO, E. R. M.; NOGUEIRA, C. H. F.; SANTOS, M. R. D. Efeito de inseticidas sobre a mosca-minadora (Diptera: Agromyzidae), quando aplicado durante a fase de ovo. **ACASA - Agropecuária Científica no Semi-árido**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 18-18.
- ARAÚJO, E.L.; FERNANDES, D.R.R.; GEREMIAS, L.D.; MENEZES NETTO, A.C.; FILGUEIRA, M.A. Mosca-minadora associada à cultura do meloeiro no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007. 22, 2012.
- ARIMURA, G. I., HUBER, D. P.; BOHLMANN, J. Forest tent caterpillars (*Malacosoma disstria*) induce local and systemic diurnal emissions of terpenoid[volatiles in hybrid poplar (*Populus trichocarpa* × *deltoides*): cDNA cloning, functional characterization, and patterns of gene expression of (-)-germacrene D synthase, PtdTPS1. **The Plant Journal**, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 603-616, 2004.
- AZEVEDO, F. D.; GUIMARÃES, J. A.; SOBRINHO, R. B.; LIMA, M. A. A. Eficiência de produtos naturais para o controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 1, p. 73-79, 2005.
- BARTOLOME, B.; FAULDS, C.B.; KROON, P.A.; WALDRON, K.; GILBERT, H.J.; HAZLEWOOD, G.; WILLIAMSON, G. Na aspergillus niger esterase (ferulic acid esterase III) and a recombinant *Pseudomonas fluorescens* subsp. *Cellulosa esterase* (xyld) release a 5-5`ferulic dehydrodimer (diferulic acid) from barley and wheat cell walls. **Applied and Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 64, n. 1, p. 208-212, 1997.
- BASIJ, M.; ASKARIANZAEH, A.; ASGARI, S.; MOHARRAMIPOU, S.; RAFEZI, R. Evaluation of resistance of cucumber cultivars to the vegetable leafminer (*Liriomyza sativae* Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) in greenhouse. **Chilean Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 71, n. 3, p. 395, 2011.
- BERGVINSON, D. J.; ARNASON, J. T.; HAMILTON, R. I. Phytochemical changes during recurrent selection for resistance to the European corn borer. **Crop Science**, [s.l.], v. 37, n. 5, p. 1567-1572, 1997.

BOERJAN, W.; RALPH, J.; BAUCHER, M. Lignin biosynthesis. **Annual Review of Plant Biology**, [s.l.], v. 54, n. 1, p. 519-546, 2003.

BOIÇA JUNIOR, A. L.; JESUS, F. G. de. Resistência de plantas: definições e aplicações como tática no controle de insetos. In: Anderson Gonçalves da Silva; Camila Alves Rodrigues; Camila Kauffmann Becaro; Daline Benites Bottega; Gianni Queiroz Haddad; Gleina Costa Silva Alves; Júlio César Janini. (Org.). **Tópicos em Entomologia Agrícola II**: Atual Gráfica e Comunicação Visual Ltda - ME, p. 133- 141, 2009.

BOUCHER, S. Agromyzidae (leaf-mining flies). **Manual of Central American Diptera**, [s.l.], v. 2, p. 1057-1071, 2010.

BRUCE, T. J. A.; PICKETT, J. Á. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects – Finding the rightmix. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 72, n. 13, p. 1605-1611, 2011.

CAMPOS, S. O.; QUEIROZ, R. B.; JUNIOR, R. C. S.; PICANÇO, M.C.; SILVA, G. A.; SOARES, J. R. S. Efeitos de inseticidas a *Liriomyza huidobrensis* e ao parasitóide *Opius* sp. **Horticultura Brasileira**, Salvador, v. 30, p.1337- 1341, 2012.

CELIN, E. F.; OLIVEIRA, F. I. C.; DIAS-PINI, N. S.; NUNES, G. H. S.; ARAGÃO, F. A. S. New sources of resistance to leafminers (*Liriomyza sativae*) in melon (*Cucumis melo* L.) germplasm. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 16, n.2, p. 1-12, 2017.

CELIN, E. F.; OLIVEIRA, N. R. X. D.; SILVA, F. D. D.; OLIVEIRA, V. R.; ARAGÃO, F. A. S. D. A915. 34.01. 08-melon line resistant to leafminer (*Liriomyza sativae*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 215-220, 2018.

DE ARAUJO, E. L.; PINHEIRO, S. A. M.; GEREMIAS, L. D. Técnica de criação da mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). **Campo Digital**, [s.l.], v. 2, n. 1, 2007.

DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A. Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. **Entomologia Experimentails et Applicata**, [s.l.], v. 97, p. 237- 249, 2000.

DU, L.; YU, P.; ROSSNAGEL, B.G.; CHRISTENSEN, D.A.; MCKINNON, J.J. Physicochemical Characteristics, Hydroxycinnamic Acids (Ferulic Acid, p-Coumaric Acid) and Their Ratio, and in Situ Biodegradability: Comparison of Genotypic Differences among Six Barley Varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 4777-4783, 2009.

DURAIRAJ, C.; KARTHIKEYAN, G.; GANAPATHY N.; KARUPPUCHAMY, P. Predisposition effect of *Liriomyza trifolii* damage to Alternaria leaf spot disease in tomato. **Karnataka Journal of Agricultural Science**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 161–162, 2010.

EGONYU, J.P.1.; EKESI, S.; KABARU, J.; IRUNGU, L.; TORTO, B. Cashew volatiles mediate short-range location responses in *Pseudaotheraptus wayi* (Heteroptera: Coreidae). **Environmental Entomology**, [s.l.], v.42, n. 6, p. 1400-7, 2013.

- FANCELLI, M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A.; BLASSIOLIMORAES, 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**, [s.I.], v. 44, n. 4, p. 397-405, 2018.
- FANCELLI, M.; SOUSA, M. R.; SILVA, T. S. M.; GIRARDI, E. A.; LAUMANN, R. A.; COELHO FILHO, M. A. SOLF–System for data acquisition in olfactometry bioassays. **Citrus Research & Technology**, [s.I.], v. 38, n. 1, p. 95-98, 2017.
- FERNANDES, O. A. Melão: campo minado. **Revista Cultivar**, [s.I.], v. 4, n. 23, p. 26-27, 2004.
- GOIANA, E. S.; DIAS-PINI, N. S.; MUNIZ, C. R.; SOARES, A. A.; ALVES, J. C.; VIDAL-NETO, F. C.; BEZERRA DA SILVA, C. S. Dwarf-cashew resistance to whitefly (*Aleurodicus cocois*) linked to morphological and histochemical characteristics of leaves. **Pest Management Science**, [s.I.], v. 76, n. 2, p. 464-471. 2020.
- GUANTAI, K.M.M.; OGOL, C. P. K. O.; SALIFU, D.; KASINA, J. M.; AKUTSE, K. S.; FIABOE, K. K. M. Differential effects of pesticide applications on *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on pea in Central. **Journal of Economic Entomology**, [s.I.], v. 108, p. 662-671, 2015.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P.S. **Insects: A summary of Entomology**. Roca Ltda, São Paulo. 480 p., 2012
- HASANUZZAMAN, A. T. M.; ISLAM, M. N.; LIU, F. H.; CAO, H. H.; LIU, T. X. Leaf chemical compositions of different eggplant varieties affect performance of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymphs and adults. **Journal of Economic Entomology**, [s.I.], v. 111, n. 1, p. 445-453, 2018.
- HERNÁNDEZ R., HARRIS M., LIU T-X. Impact of insecticides on parasitoids of the leafminer, *Liriomyza trifolii*, in pepper in south Texas. **Journal of Insect Science**, [s.I.], v. 11, n. 61, p. 1-14, 2011.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B; HARBONE, J. B; MCAFFERY, A. Pre-ingestive and post ingestive effects of soya bean extracts and rutin on *Trichoplusia ni* growth. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, [s.I.], v. 98, n. 2, p. 181-194, 2001.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; RAMOS NETO, J. A.; OLIVEIRA, M. C. N. DE; OLIVEIRA, L. J. Detrimental effect of rutin on *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.I.], v. 41, n. 10, p. 1453-1459, 2006.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em: 30 set. 2019.
- JINDAL, V.; DHALIWAL, G. S. Mechanisms of resistance in cotton to whitefly (*Bemisia tabaci*): antixenosis. **Phytoparasitica**, [s.I.], v.39, p.129-136, 2011.
- KANG, L.; CHEN, B.; WEI, J. N.; LIU, T. X. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. **Annual Review of Entomology**, [s.I.], v. 54,

p. 127-145, 2009.

KORICHEVA, J.; NYKÄNEN, H.; GIANOLI, E. Meta-analysis of trade-offs among plant antiherbivore defenses: are plants jacks-of-all-trades, masters of all?. **The American Naturalist**, [s.I.], v. 163, n. 4, p. 64-75, 2004.

KULBAT, K. The role of phenolic compounds in plant resistance, **Biotechnol. Food Science Biotechnol**, [s.I.], v. 80, n.2, p. 97-108, 2016.

KUMAR, L; MAHATMA, M. K.; KALARIYA, K. A.; BISHI, S. K. AND MANN, A. Plant Phenolics: Important bio-weapon against Pathogens and Insect Herbivores. **Popular Kheti**, [s.I.], v. 2, n. 3, p. 149-152, 2014.

LI, S. J.; REN, S. L.; XUE, X.; REN, S. X.; CUTHBERTSON, A. G.; VAN DAM, N. M.; QIU, B. L. Efficiency of plant induced volatiles in attracting *Encarsia formosa* and *Serangium japonicum*, two dominant natural enemies of whitefly *Bemisia tabaci* in China. **Pest Management Science**, [s.I.], v. 70, n. 10, p. 1604-1610, 2014.

MARKWALDER, H.; NEUKOM, H. Diferulic acid as possible crosslink in hemicellulose from wheat germ. **Phytochemistry**, [s.I.], Elmsford, v.15, n. 5, p.836-837, 1976.

MEINERS, T.; HILKER, M. Induction of plant synomones by oviposition of a phytophagous insect. **Journal of Chemical Ecology**, [s.I.], v. 26, n. 1, p. 221-232, 2000.

MINKENBERG, O. P.; VAN LENTEREN, J. C. The leafminers, *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: a review (No. 86-2). **Agricultural University**, [s.I.], 1986.

NUNES, G. H. D. S.; MEDEIROS, A. C.; ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; SOMBRA, K. D. D. S. Resistência de acessos de meloeiro à mosca-minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 746-754, 2013.

NUTT, K. A.; O'SHEA, M. G.; ALLSOPP, P. G. Feeding by sugarcane whitegrubs induces changes in the types and amounts of phenolics in the roots of sugarcane. **Environmental and Experimental Botany**, [s.I.], v. 51, n. 2, p. 155-165, 2004.

OLIVEIRA, J. M. Resistência de genótipos de meloeiro à mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). Universidade Federal do Ceará - UFC (**Dissertação, Fitotecnia**), 2017.

OZAROWSKI, M., PIASECKA, A., PASZEL-JAWORSKA, A., CHAVES, D. S. D. A., ROMANIUK, A., RYBCZYNSKA, M.; SEREMAK-MROZIKIEWICZ, A. Comparison of bioactive compounds content in leaf extracts of *Passiflora incarnata*, *P. caerulea* and *P. alata* and in vitro cytotoxic potential on leukemia cell lines. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 28, n. 2, p. 179-191, 2018.

PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

PARK, Y; ALBRIGH, K. J, LIU.; W, STORKSON, J. M.; COOK, M. E.; PARIZA, M. W.

Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. **Lipids**, [s.I.], v. 32, n. 8, p. 853-858, 1997.

PARRELLA, M. P.; JONES, V. P.; CHRISTIE, G. D. Feasibility of parasites for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on commercially grown chrysanthemum. **Environmental Entomology**, [s.I.], v.16, p.832–837. 1987.

PHELPS, C. D; YOUNG, L. Y. Microbial metabolism of the plant phenolic compounds ferulic and syringic acids under three anaerobic conditions. **Microbial Ecology**, [s.I.], v. 33, p. 206-215, 1996.

RAJABASKAR, D.; DING, H.; WU, Y.; EIGENBRODE, S. D. Behavioral responses of green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), to the volatile organic compound emissions from four potato varieties. **American Journal of Potato Research**, [s.I.], v. 90, n. 2, p. 171-178, 2013.

RAUF, A.; SHEPARD, B. M.; JOHNSON, M. W. Leafminers in vegetables, ornamental plants and weeds in Indonesia: surveys of host crops, species composition and parasitoids. **International Journal of Pest Management**, [s.I.], v. 46, n. 4, p. 257-266, 2000.

REGNAULT-ROGER, C.; HAMRAOUI, A. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Stored Products Research**, [s.I.], v. 31, n. 4, p. 291-299, 1995.

REN, L. Y.; ZENG, L.; ZANG, Y.; QIN, A. Z.; ZHANG, M. X. Oviposition deterrence and antifeeding effect of essential oil from *Momordica charantia* on *Liriomyza sativae* Blanchard. **Journal of Guangxi Agricultural and Biological Science**, [s.I.], v. 27, p. 425-429, 2008.

ROBBINS, P. S.; ALESSANDRO, R. T.; STELINSKI, L. L.; LAPOINTE, S. L. Volatile profiles of young leaves of *Rutaceae* spp. varying in susceptibility to the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). **The Florida Entomologist**, [s.I.], v. 95, n. 3, p. 774-776, 2012.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, C., QUIRANTES-PINÉ, R., FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; SEGURA-CARRETERO, A. Comparative characterization of phenolic and other polar compounds in Spanish melon cultivars by using high-performance liquid chromatography coupled to electrospray ionization quadrupole-time of flight mass spectrometry. **Food Research International**, [s.I.], v. 54, n. 2, p. 1519-1527, 2013.

SILVA, A. A. D.; ANDRADE, M. C.; MALUF, W. R.; MORAES, J. C.; REZENDE, J. F. Resistance of tomato plant genotypes with high foliar allelochemical contents to the leafminer *Liriomyza trifolii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, 84, 2017.

SILVA, V.C.P.; BETTONI, M.M.; BONA, C.; FOERSTER L.M. Morphological and chemical characteristics of onion plants (*Allium cepa* L.) associated with resistance to onion thrips. **Acta Scientiarum. Agronomy**. [s.I.], v. 37, p. 85-92, 2015.

SMITH, C.M. Plant resistance to arthropods: Molecular and conventional approaches. **Springer Science & Business Media**, the Netherlands, 2005.

- SPLIVALLO, R.; VALDEZ, N.; KIRCHHOFF, N.; ONA, M. C.; SCHMIDT, J. P.; FEUSSNER, I.; KARLOVSKY, P. Intraspecific genotypic variability determines concentrations of key truffle volatiles. **New Phytologist**, [s.I.], v. 194, n. 3, p. 823-835, 2012.
- SOLECKA, D. Role of phenylpropanoid compounds in plant responses to different stress factors. **Acta Physiologiae Plantarum**, [s.I.], v.19, n.3, p. 257-268, 1997.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p. **FLORESTA, Curitiba, PR**, v. 45, n. 2, p. 303-314, 2015.
- TAVARES, S. D. S. Ecologia química da cana-de-açúcar: caracterização das respostas de defesa em diferentes cultivares de cana-de-açúcar. UFAL (**Tese, Química e Biotecnologia**), 2016.
- THEOBALD, W.; KRAHULIK, J.; ROLLINS, R. Trichome description and classification. Pp. 40-53. In: Metcalfe C.; Chalk L. (eds.). **Anatomy of the dicotyledons**. Editora, Oxford At The Clarendon Press, [s.I.], v. 2, p. 806, 1979.
- TREMACOLDI, C. R. Proteases e inibidores de proteases na defesa de plantas contra pragas. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2009.
- UVAH, I. I. I.; COAKER, T. H. Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, [s.I.], v. 36, n. 2, p. 159-167, 1984.
- VERGHESE, A; SOUMYA, C. B.; SHIVASHANKAR, S.; MANIVANNAN S.; KRISHNAMURTHY, S. V. Phenolics as chemical barriers to female fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in mango. **Current Science**, [s.I.], v. 103, n. 5, p. 563-566, 2012.
- VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: Bases para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 1055-1105, 2013.
- VIEIRA, S. S.; LOURENÇÃO, A. L.; GRAÇA, J. P.; JANEGITZ, T.; SALVADOR, M. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; Biological aspects of *Bemisia tabaci* biotype B and the chemical causes of resistance in soybean genotypes. **Arthropod-Plant Interactions**, [s.I.], v. 10, n. 6, p. 525-534, 2016.
- WANG, L; QU, L. J.; ZHANG, L.; TANG, F.; LU, M. Metabolomics reveals constitutive metabolites that contribute resistance to fall webworm (*Hyphantria cunea*) in *Populus deltoides*. **Environmental and Experimental Botany**, [s.I.], v. 40, p. 136:31, 2017.
- WANJIKU, C.; KHAMIS, F. M.; TEAL, P. E.; TORTO, B. Plant volatiles influence the African weaver ant-cashew tree mutualism. **Journal of chemical ecology**, [s.I.], v. 40, n. 11, p. 1167-1175, 2014.
- WASON, E.; HUNTER, M. Genetic variation in plant volatile emission does not result in differential attraction of natural enemies in the field. **Oecologia**, [s.I.], v. 174, n. 2, p. 479-491, 2014.

WEI, J.; WANG, L.; ZHU, J.; ZHANG, S.; NANDI, O.I.; KANG, L. Plants attract parasitic wasps to defend themselves against pests by releasing hexenol. **PLoS One**, [s.I.], v. 2, n. 9, p. 852, 2007.

WEI, J.; ZOU, L.; KUANG, R.; HE, L. Influence of leaf tissue structure on host feeding selection by pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). **Zoological Studies**, [s.I.], v. 39, n. 4, p. 295-300, 2000.

YURAWECZ, M. P.; HOOD, J. K.; MOSSOBA, M.M.; ROACH, J. A. G.; KU, Y. Furan fatty acids determined as oxidation products of conjugated octadecadienoic acid. **Lipids**, [s.I.], v. 30, n. 7, p. 595-598, 1995.

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