



MARINA CHAVES DE OLIVEIRA

**A HERBIVORIA POR INSETOS SUGADORES INFLUÊNCIA A
COLONIZAÇÃO POR HETEROESPECÍFICOS E
COESPECÍFICOS?**

**LAVRAS-MG
2022**

MARINA CHAVES DE OLIVEIRA

**A HERBIVORIA POR INSETOS SUGADORES INFLUÊNCIA A
COLONIZAÇÃO POR HETEROESPECÍFICOS E
COESPECÍFICOS?**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, área de concentração
em Entomologia, para a obtenção
do título de Mestre.

Prof^a: Dr^a. Maria Fernanda Gomes Villalba Peñafior
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Marina Chaves de.

A herbivoria por insetos sugadores influência a colonização por heteroespecíficos e coespecíficos? / Marina Chaves de Oliveira. - 2022.

39 p. : il.

Orientador(a): Maria Fernanda Gomes Villalba Peñaflor.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Herbivoria. 2. Milho. 3. Cigarrinha-do-milho. I. Villalba Peñaflor, Maria Fernanda Gomes. II. Título.

MARINA CHAVES DE OLIVEIRA

**A HERBIVORIA POR INSETOS SUGADORES INFLUÊNCIA A
COLONIZAÇÃO POR HETEROESPECÍFICOS E
COESPECÍFICOS?**

**DOES SUCKING INSECT HERBIVORY INFLUENCE HETEROSPECIFIC AND
COSPECIFIC COLONIZATION?**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, área de concentração
em Entomologia, para a obtenção
do título de Mestre.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2022.

Dr.^a. Maria Fernanda Gomes Villalba Peñaflo UFLA

Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira UFLA

Dr.^a. Ana Isabel Sobreiro UFGD

Prof.^a: Dr.^a. Maria Fernanda Gomes Villalba Peñaflo
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

A Deus pela presença constante em minha vida me dando força e permitindo a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia pela realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Maria Fernanda G. V. Peñaflores pela concessão do projeto e pelos ensinamentos de todos esses anos de laboratório.

A todos do laboratório de Ecologia Química das Interações inseto-planta por todo conhecimento compartilhado, amizade e diversão.

Aos meus avós Lidenbeg (em memória) e Maria, Maria (em memória) e Luís por todo amor e carinho. Aos meus pais Luís e Adryana.

Aos meus Tios que sempre acreditaram e auxiliaram para buscar o melhor de mim.

Aos meus primos e toda família Chaves e Oliveira.

Ao Luciano, por toda paciência, apoio e suporte nesses anos de UFLA.

E todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que eu chegasse aqui.

MUITO OBRIGADA

RESUMO

As plantas estão sujeitas ao ataque de herbívoros durante todo seu ciclo de vida, como consequência dessa pressão, surgiram diversos mecanismos de defesa nas plantas para lidar com o ataque desses organismos. Em contrapartida, resultante da pressão das defesas das plantas hospedeiras, surgiram estratégias dos herbívoros que permitiram sobrepujá-las e, assim, se alimentarem. Um dos mecanismos é a manipulação das defesas induzidas pela ativação da via do ácido salicílico (AS), um hormônio vegetal que pode interagir antagonicamente com o ácido jasmônico (AJ), um importante sinalizador das defesas induzidas contra herbívoros. Muitos herbívoros sugadores se alimentam da planta de milho (*Zea mays* L.), como o pulgão do milho, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Hemiptera: Aphididae) e a cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo investigar se a herbivoria pelo pulgão ou cigarrinha aumenta a atratividade da planta e facilita o estabelecimento de indivíduos heteroespecíficos e coespecíficos. Foram realizados ensaios de preferência hospedeira, desempenho e preferência de oviposição, com plantas de milho infestadas com *D. maidis*, ou *R. maidis*, e plantas não infestadas. Foi observado a preferência hospedeira, em teste de dupla escolha por meio da contagem dos pulgões e cigarrinhas ao longo do tempo, o desempenho dos pulgões, medido em termos de número de indivíduos na colônia, e das cigarrinhas, em termos de sobrevivência e desenvolvimento e foi avaliado a preferência de oviposição da cigarrinha do milho em testes de dupla escolha, em plantas infestadas por coespecíficos, heteroespecíficos e não infestadas. Nos testes de preferência hospedeira de *R. maidis* e *D. maidis*, observou-se maior preferência hospedeira por plantas infestadas, comparado a plantas não infestadas ao longo do tempo. Porém, quando contrastadas plantas infestadas por coespecíficos ou heteroespecíficos, o pulgão do milho teve maior preferência a plantas infestadas por heteroespecíficos, enquanto *D. maidis* não teve preferência entre plantas infestadas. Para o teste de preferência de oviposição da cigarrinha do milho, fêmeas de *D. maidis* depositaram maior número de ovos em plantas previamente infestadas por insetos coespecíficos ou heteroespecíficos, comparado a plantas não infestadas. Porém, quando contrastadas as plantas infestadas por coespecíficos ou heteroespecíficos, houve maior preferência por plantas previamente infestadas por insetos coespecíficos. Já para o teste de desempenho de *D. maidis*, o tempo de desenvolvimento de ovo à adulto foi mais curto em plantas infestadas por coespecíficos do que heteroespecíficos e plantas não infestadas, indicando uma melhor qualidade hospedeira das plantas previamente infestadas por coespecíficos. Com relação ao desempenho de *R. maidis*, o tamanho da colônia foi maior em plantas infestadas por heteroespecíficos ou coespecíficos do que em plantas não infestadas. No entanto, quando comparado o desempenho de *R. maidis* em plantas infestadas com coespecíficos e heteroespecíficos, houve melhor desempenho do pulgão em plantas infestadas com heteroespecíficos. Dessa forma, os resultados indicam que há uma influência na colonização dos insetos por heteroespecíficos e coespecíficos na escolha desses insetos e que, provavelmente, esses insetos sugadores suprimem as defesas da planta de milho.

Palavra-chave: Herbivoria. Milho. Cigarrinha-do-milho. Pulgão-do-milho.

ABSTRACT

Plants are subject to attack by herbivores throughout their life cycle, as a result of this pressure, several defense mechanisms have emerged in plants to deal with the attack of these organisms. On the other hand, as a result of the pressure of the host plants' defenses, herbivores' strategies emerged that allowed them to overcome them and, thus, feed themselves. One of the mechanisms is the manipulation of defenses induced by the activation of the salicylic acid (SA) pathway, a plant hormone that can antagonistically interact with jasmonic acid (JA), an important signal of induced defenses against herbivores. Many sucking herbivores feed on the corn plant (*Zea mays* L.), such as the corn aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Hemiptera: Aphididae) and the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). In this context, the present work aimed to investigate whether herbivory by aphids or leafhoppers increases the attractiveness of the plant and facilitates the establishment of heterospecific and conspecific individuals. Assays of host preference, performance and oviposition preference were carried out with maize plants infested with *D. maidis*, or *R. maidis*, and plants not infested. The host preference was observed in a double-choice test by counting aphids and leafhoppers over time, the performance of aphids, measured in terms of number of individuals in the colony, and of leafhoppers, in terms of survival and development and the oviposition preference of the corn leafhopper was evaluated in double-choice tests, in plants infested by conspecifics, heterospecifics and not infested. In the host preference tests of *R. maidis* and *D. maidis*, greater host preference was observed for infested plants, compared to non-infested plants over time. However, when plants infested by conspecifics or heterospecifics were contrasted, the corn aphid had a greater preference for plants infested by heterospecifics, while *D. maidis* had no preference among infested plants. For the corn leafhopper oviposition preference test, females of *D. maidis* laid a higher number of eggs on plants previously infested by conspecific or heterospecific insects, compared to non-infested plants. However, when plants infested by conspecifics or heterospecifics were contrasted, there was a greater preference for plants previously infested by conspecific insects. As for the performance test of *D. maidis*, the development time from egg to adult was shorter in plants infested by conspecifics than heterospecifics and uninfested plants, indicating a better host quality of plants previously infested by conspecifics. Regarding the performance of *R. maidis*, colony size was higher in plants infested by heterospecifics or conspecifics than in uninfested plants. However, when comparing the performance of *R. maidis* in plants infested with conspecifics and heterospecifics, there was better performance of the aphid in plants infested with heterospecifics. Thus, the results indicate that there is an influence on the colonization of insects by heterospecifics and conspecifics in the choice of these insects and that, probably, these sucking insects suppress the defenses of the corn plant.

Keywords: Herbivory. Corn. Corn leafhopper. Corn aphid

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE

1	INTRODUÇÃO.....	09
	REFERÊNCIAS.....	13

SEGUNDA PARTE

ARTIGO - A herbivoria por insetos sugadores influencia a colonização por heteroespecíficos e coespecíficos?

	RESUMO.....	17
1	INTRODUÇÃO.....	19
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3	RESULTADOS.....	25
4	DISCUSSÃO.....	26
5	AGRADECIMENTOS.....	28
	REFERÊNCIAS.....	29

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A herbivoria é uma relação interespecífica, na qual um inseto se alimenta de partes ou todo o vegetal, como folhas, caules, raízes e flores. Um processo dinâmico e complexo em que a planta sofre prejuízo e o herbívoro é beneficiado, impactando o desenvolvimento da planta, que deve investir recursos em defesa contra a herbivoria, limitando sua energia para o crescimento e reprodução (BOEGE & MARQUIS, 2005). Para suportar ou evitar o ataque de herbívoros, as plantas ao longo da evolução desenvolveram diferentes mecanismos de defesa, esses mecanismos de defesa das plantas podem ser classificados como constitutivos, quando estão presentes nos tecidos vegetais, ou induzidos, quando são sintetizados apenas após a herbivoria. Essas defesas podem agir de forma direta, modificando o comportamento/fisiologia do herbívoro ou indireta, através de recrutamento de inimigos naturais (PINTO-ZEVALLOS et al., 2013).

Os estudos sobre as interações ecológicas entre plantas e herbívoros têm avançado muito nos últimos anos, visando compreender os mecanismos envolvidos na interação dos compostos químicos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas com os insetos herbívoros (DUDAREVA et al., 2006). Conforme Voelckel (2004), a defesa direta consiste na produção e emissão de voláteis de plantas induzidos pela herbivoria (HIPVs), modificando o comportamento repelindo o herbívoro e também para os seus inimigos naturais, atraindo ou repelindo a oviposição do inseto causador do dano, importantes na mediação de interações interespecíficas. Essa emissão de voláteis contém compostos pertencentes a três grupos principais, os derivativos de ácidos graxos (ou voláteis de folhas verdes), fenilpropanoides/benzenoides e terpenos. Além dos metabólitos voláteis, os metabólitos secundários não voláteis, também apresentam um papel muito importante na defesa das plantas, por incluem compostos tóxicos, anti-nutritivos e deterrentes que auxiliam na defesa das plantas contra herbívoros (DUDAREVA et al. 2013; RAHMAN et al., 2015; REYNOLDS et al., 2016; VIVANCOS et al., 2015; YE et al., 2013).

A resposta da planta induzida pela herbivoria inicia-se com o reconhecimento da herbivoria seguida pela ativação de uma cascata de sinalização modulada, principalmente, pelos hormônios vegetais: ácido salicílico (AS), o ácido jasmônico (AJ) e o etileno (ET). As rotas metabólicas do AJ e AS atuam, frequentemente, de maneira antagonista, ou seja, quando é ativado a rota do AS, pode ocorrer um declínio na concentração de AJ e vice-versa (PIETERSE et al., 2009). De acordo com a literatura (SOLER et al., 2012; ALI et al., 2014; SCHWEIGER et al., 2014) os insetos sugadores manipulam as defesas das plantas através desses compostos sinalizadores, o AJ e AS, geralmente modificando sua concentração, tornando a planta mais suscetível ao ataque de herbívoros. Assim, com o contato íntimo e de longa duração, os insetos sugadores, ativam a rota do AS, causando um aumento na concentração deste hormônio e conseqüentemente um declínio

na concentração de AJ. O AJ, um dos principais hormônios sinalizadores da defesa induzida contra herbívoros (ZHANG et al., 2011, 2015), torna a planta mais resistente, enquanto que a sua queda torna a planta mais suscetível a herbivoria (MARTINEZ et al., 2000).

A cultura do milho *Zea mays* (Lineu, 1753) apresenta elevada importância econômica devido a sua ampla finalidade, sendo sua maior parte destinada à alimentação animal (MIRANDA et al., 2014), atualmente com os preços elevados do cereal no mercado, aumentou o interesse pelo cultivo deste grão para os produtores. O milho pertencente à família Poaceae, considerada uma planta monocotiledônea, angiospermas com apenas um cotilédone, com ciclo anual, tendo sua produção em todo o mundo. A produção do milho está relacionada com as estações de primavera e verão, por ser um cultivo de clima mais quente, porém também pode ser cultivada durante o inverno, durante a “safrinha”, como ocorre no Brasil e no México.

Durante todo seu desenvolvimento, desde o plantio até o final do seu ciclo, as plantas de milho sofrem diversos ataques de insetos (DA SILVA ALVES et al., 2020) que ocasionam perda na produção e, conseqüentemente prejuízos econômicos. sendo hospedeira de diversas pragas, os insetos utilizam a planta de milho como fonte alimentar, atacando diversos órgãos da planta, como folha, colmo, raiz, espiga, entre outros. Dentre as principais pragas que atacam o milho, as que se destacam são os besouros, as cigarrinhas, os pulgões e as lagartas, que comumente são controlados por inseticidas químicos (DE ALBUQUERQUE et al., 2006; MICHELOTTO et al., 2011). Além disso, alguns insetos sugadores são destaques de prejuízo a cultura, como a cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) e o pulgão do milho *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) (VALICENTE, 2015).

Em milharais em que o pulgão do milho (*R. maidis*) e a cigarrinha (*D. maidis*) estão presentes, observa-se a ocorrência das duas espécies alimentando-se da mesma planta. Como ambas são sugadoras de seiva e potenciais supressores de defesas das plantas, a infestação múltipla da planta de milho pode ser resultante da facilitação causada pela herbivoria de uma das espécies, através da manipulação das defesas da planta (LI et al., 2014; ZHANG et al., 2013). Dada a importância econômica do milho e visando compreender o comportamento desses insetos sugadores, o objetivo deste trabalho será avaliar se a herbivoria por *R. maidis* e/ou *D. maidis* na planta de milho altera a colonização subsequente de indivíduos heteroespecíficos ou coespecíficos. Considerando a potencial de supressão das defesas das plantas por esses insetos sugadores, nossa hipótese foi que a planta infestada por uma das espécies facilite a colonização subsequente de coespecíficos (insetos da mesma espécie) e heteroespecíficos (insetos de espécies diferentes), a fim de avaliar isso realizamos ensaios comportamentais com os insetos em casa de vegetação e laboratório.

O pulgão do milho *R. maidis* apresenta corpo alongado azul-esverdeado, com um tamanho entre 0.9 e 2.2 mm de comprimento, sendo encontrado em quase todos os estádios de desenvolvimento no milho, vivendo em colônias, onde não há presença de machos. A consequência de sua colônia apresentar apenas fêmeas, o pulgão do milho se reproduz assexuadamente (partenogênese telítoca), ou seja, fêmeas originam fêmeas. Os pulgões alados são

responsáveis pela dispersão da espécie nas lavouras quando em condições desfavoráveis, como a falta de alimento ou utilizando o auxílio dos ventos para sua dispersão (PARCHEN, 2015).

O clima afeta diretamente no ciclo de vida dos pulgões, a rapidez no seu desenvolvimento, o número da progênie e a longevidade do adulto são influenciados pela temperatura, que quanto mais alta, mais rápido é o crescimento populacional. A temperatura ideal para o ciclo do pulgão é de 10°C a 35°C, a qual propicia o desenvolvimento do ciclo de vida do inseto, que dura entre 20 e 30 dias, capaz de originar em média 70 novos pulgões por fêmea (NAZARET ET AL., 2012; MENDES et al., 2014).

Os pulgões são insetos sugadores da seiva da planta, causando danos prejudiciais a cultura, podendo atuar como vetor de viroses do milho, como a virose do mosaico comum, que é transmitida através do inseto, quando este se alimentar da seiva do floema. Quando a planta é atacada pelos pulgões, ela manifesta pontos cloróticos nas folhas, manchas verde claro mescladas, definhamento geral das folhas, encarquilhadas e enroladas (BARROS, 2012). Por serem insetos sugadores, estes organismos apresentam aparelho digestivo provido de uma estrutura denominada câmara filtro, com função de eliminar o excesso de líquido absorvido pelo inseto, rico de substâncias açucaradas, denominada por “honeydew” em que é liberado na superfície das folhas. Essa substância açucarada favorece o desenvolvimento de fungos, apresentando uma coloração escura, caracterizada pelo crescimento de uma crosta na superfície da folha, denominado “fumagina”. Essa doença causada pelo fungo *Capnodium sp.*, que resulta em dificuldade na respiração e na fotossíntese do vegetal, reduzindo a taxa fotossintética da planta (GRIGOLLI et al., 2013).

Estudos anteriores mostram que algumas espécies da família Poaceae, apresentam benzoxazinoides como metabólitos secundários de defesa, como o DIMBOA (2,4-dihidroxi-7-metoxi-1,4-benzoxazin-3-ona), que ocorre constitutivamente na planta. Essa substância atua como um poderoso antibiótico contra larvas da broca do milho europeira (*Ostrinia nubilalis*) (Hübner, 1796), pulgões do milho (*Rhopalosiphum maidis*) (Fitch), além de outras pragas, como insetos, patógenos, fungos e bactérias (BETSIASHVILI et al., 2015; MEIHLS et al., 2013; TZIN et al., 2015; WOUTERS et al., 2016). Após a herbivoria, geram agliconas, substâncias que são tóxicas não só para os insetos herbívoros, como também para patógenos (GLAUSER et al., 2011; HU et al., 2018). Esse composto é tóxico para os pulgões (TAIZ et al., 2017), porém com o crescimento da planta, há um declínio no nível desse composto, e os insetos conseguem utilizar a planta como hospedeira e estabelecer sua colônia. Atuando como um composto de defesa direta devido à sua toxicidade ao herbívoro, o DIMBOA também pode servir como uma molécula sinalizadora, levando ao acúmulo de calosidade em resposta ao tratamento com quitosana (um agente fúngico) e alimentação de pulgões (AHMAD S et al., 2011., TZIN et al., 2015; WOUTERS et al., 2016).

A cigarrinha do milho *D. maidis* é uma das principais pragas do milho e sua população vem aumentando nos últimos anos em quase todo território brasileiro (OLIVEIRA et al., 2013).

Com o cultivo dividido em duas safras ao longo do ano, a cigarrinha do milho encontra seu hospedeiro (o milho) praticamente o ano inteiro e, como consequência, a multiplicação deste inseto é favorecida anualmente quando as temperaturas são ideais ou toleráveis para a espécie (DE OLIVEIRA et al., 2015). Praga exclusiva do milho, inseto sugador, causa danos diretos ao sugar a seiva do floema em plantas de milho (WALQUIL et al., 1999).

A cigarrinha do milho apresenta aparelho bucal sugador e causa danos indiretos às plantas de milho, quando se alimentam da seiva da planta, a cigarrinha transmite fitopatógenos que são causados por microrganismos da classe Mollicutes. Os principais microrganismos responsáveis pelo enfezamento do milho são procariontes e sem parede celular, sendo o espiroplasma, causando o enfezamento pálido (*Spiroplasma kunkelii*), o fitoplasma – enfezamento vermelho (“maize bushy stunt phytoplasma”) e o vírus da risca do milho (Maize Rayado Fino Virus - MRFV) que causa encurtamento dos entrenós, definhamento da planta, estrias de coloração amarelada nas folhas e reduz a sua produção (SABATO, 2014). A cigarrinha do milho é a principal espécie vetora desses fitopatógenos, ocasionando a redução de aproximadamente 70% da produção de grãos na cultura doente (OLIVEIRA et al., 2017). Em razão da importância das doenças transmitidas pela cigarrinha do milho, o controle deste inseto vetor é de importância significativa para o desenvolvimento da cultura do milho, visando uma maior e melhor produção final.

REFERÊNCIAS

- AHMAD S, VEYRAT N, GORDON-WEEKS R, ZHANG Y, MARTIN J, SMART L, et al. (Setembro de 2011). "Os metabólitos benzoxazinóides regulam a imunidade inata contra pulgões e fungos no milho". **Fisiologia Vegetal**. 157 (1): 317–27. doi: 10.1104 / pp.111.180224. PMC 3165881. PMID 21730199.
- ALI, J.G.; AGRAWAL, A.A. Asymmetry of plant-mediated interactions between specialist aphids and caterpillars on two milkweeds. **Funct. Ecol.** 2014, 28, 1404–1412.
- BARROS, R. Pragas do milho. In: Tecnologia e produção: soja e milho 2011/2012. Maracaju: **Fundação MS**, 2012. p. 275-296. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br>. Acesso em: 28 dez. 2020
- BETSIASHVILI, MARIAM, KEVIN R. AHERN, AND GEORG JANDER. "Additive effects of two quantitative trait loci that confer *Rhopalosiphum maidis* (corn leaf aphid) resistance in maize inbred line Mo17." **Journal of experimental botany** 66.2 (2015): 571-578.
- BOEGE, KARINA; MARQUIS, ROBERT J. Facing herbivory as you grow up: the ontogeny of resistance in plants. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, n. 8, p. 441-448, 2005.
- DA SILVA ALVES, J., PASQUALOTTO, L. F., POLITO, R. A., TIMM, L. S., ZANCHET, S. P., GRANDO, G., & SMANIOTTO, M. A. (2020). Avaliação da incidência de doenças e insetos na cultura do milho relacionada ao número de aplicações de formulações de silício. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 3(3), 1940-1945.
- DE ALBUQUERQUE, F. A., BORGES, L. M., IACONO, T. D. O., CRUBELATI, N. C. D. S., & SINGER, A. D. C. (2006). Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 5(01).
- DE OLIVEIRA, ELIZABETH, ELENA CHARLOTTE LANDAU, AND SYLVIA MORAIS DE SOUSA. "Simultaneous transmission of phytoplasma and spiroplasma by *Dalbulus maidis* leafhopper and symptoms of infected maize." **Phytopathogenic Mollicutes** 5.1s (2015): S99-S100.
- DUDAREVA, N., KLEMPIEN, A., MUHLEMANN, J. K., & KAPLAN, I. (2013). Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. **New Phytologist**, 198(1), 16-32.
- DUDAREVA, N., NEGRE, F., NAGEGOWDA, D. A., & ORLOVA, I. (2006). Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical reviews in plant sciences**, 25(5), 417-440.
- GRIGOLLI, J. F. J. Pragas do milho safrinha. Maracaju: **Fundação MS**, 2013. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br>>. Acesso em: 28 dez. 2020.
- GLAUSER, G.; MARTI, G.; VILLARD, N.; DOYEN, G. A.; WOLFENDER, J.-L.; TURLINGS, T. C. J.; ERB, M. Induction and detoxification of maize 1,4-benzoxazin-3-ones by insect herbivores. **The Plant Journal**, Hoboken, v. 68, n. 5, p. 901-911. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04740.x>
- GRIGOLLI, JOSÉ FERNANDO JURCA. Doenças do milho safrinha. **Tecnologia e produção:**

Milho safrinha e culturas de inverno. Mato Grosso do Sul: Fundação MS, p. 121-133, 2013.

HU, L.; MATEO, P.; YE, M.; ZHANG, X.; BERSET, J. D.; HANDRICK, V.; RADISCH, D.; GRABE, V.; KÖLLNER, T. G.; GERSHENZON, J.; ROBERT, C. A. M.; ERB, M. Plant iron acquisition strategy exploited by an insect herbivore. **Science**, New York, v. 361, n. 6403, p. 694-697, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aat4082>

LI, Y.H.; DICKE, M.; HARVEY, J.A.; GOLS, R. Intra-specific variation in wild *Brassica oleracea* for aphid-induced plant responses and consequences for caterpillar-parasitoid interactions. **Oecologia** 2014, 174, 853–862.

MARTINEZ, C., BACCOU, J. C., BRESSON, E., BAISSAC, Y., DANIEL, J. F., JALLOUL, A., ... & NICOLE, M. (2000). Salicylic Acid Mediated by the Oxidative Burst Is a Key Molecule in Local and Systemic Responses of Cotton Challenged by an Avirulent Race of *Xanthomonas campestris pv malvacearum*. **Plant Physiology**, 122(3), 757-766.

MEIHLS, L. N., HANDRICK, V., GLAUSER, G., BARBIER, H., KAUR, H., HARIBAL, M. M., ... & JANDER, G. (2013). Natural variation in maize aphid resistance is associated with 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin-3-one glucoside methyltransferase activity. **The Plant Cell**, 25(6), 2341-2355.

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SAMPAIO, M. V.; VIANA, P. A. Manejo de pragas na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p. 73-81, 2014.

MICHELOTTO, M. D., FINOTO, E. L., MARTINS, A. L. M., & Duarte, A. P. (2011). Interação entre transgênicos (Bt) e inseticidas no controle de pragas-chave em híbridos de milho-safrinha. **Arquivos do Instituto Biológico**, 78(1), 71-79.

MIRANDA, R. A. de; LÍCIO, A. M. A.; PURCINO, A. A. C.; PAULINELLI, A.; PARENTONI, S. N.; DUARTE, J. de O.; GONTIJO NETO, M. M.; LANDAU, E. C.; QUEIROZ, V. A. V.; OLIVEIRA, I. R. de. Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2014. 102 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 168).

NAZARET, A. M.; HEBACH, F. C.; MENDES, S. M.; DIAS, A. S.; SANTOS, C. A. dos; ARAÚJO, O. G.; BARBOSA, T. A. N.; LEITE, N. A.; MARUCCI, R. C. Aspectos biológicos de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) em diferentes hospedeiros. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 29., 2012, Águas de Lindóia. Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônomo; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 928-934.

OLIVEIRA, CHARLES M., JOAO RS LOPES, AND LOWELL R. NAULT. "Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil." **Entomologia Experimentalis et Applicata** 147.2 (2013): 141-153.

OLIVEIRA, C. M. de; LOPES, J. R. S.; SILVA, R. B. Q. da (2017) Técnicas de criação da cigarrinha-do-milho para estudos de transmissão e de controle biológico. In: Oliveira, C. M.; Sabato, E. O. (Eds). Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses. Brasília, DF: **Embrapa**, 155-180.

OLIVEIRA, E. SABATO, eds. Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus/Charles Martins de Oliveira, – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 278 p.

PARCHEN, H. A. Adequação alimentar de forrageiras para afídeos-praga de gramíneas. 2015. 60 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

PINTO-ZEVALLOS, D. M., MARTINS, C. B., PELLEGRINO, A. C., & Zarbin, P. H. (2013). Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, 36(9), 1395-1405.

RAHMAN, A.; WALLIS, C.; UDDIN, W. Silicon induced systemic defense responses in perennial ryegrass against infection by *Magnaporthe oryzae*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 105, n. 6, p. 748-757, 2015. doi: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-14-0378-R>

REYNOLDS, O. L.; PADULA, M. P.; ZENG, R.; GURR, G. M. Silicon: potential to promote direct and indirect effects on plant defense against arthropod pests in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v.7, n.744, 2016. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00744>

SABATO, E. de O.; LANDAU, E. C.; OLIVEIRA, C. M. Recomendações para o manejo de doenças do milho disseminadas por insetos-vetores. EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 2014. 15 p. (EMBRAPA/CNPMS. **Circular técnica**, 205).

SCHWEIGER, R.; HEISE, A.M.; PERSICKE, M.; MÜLLER, C. Interactions between the jasmonic and salicylic acid pathway modulate the plant metabolome and affect herbivores of different feeding types. **Plant Cell Environ.** 2014, 37, 1574–1585.

SOLER, R.; BADENES-PÉREZ, F.R.; BROEKGAARDEN, C.; ZHENG, S.J.; DAVID, A.; BOLAND, W.; DICKE, M. Plant-mediated facilitation between a leaf-feeding and a phloem-feeding insect in a brassicaceous plant: From insect performance to gene transcription. **Funct. Ecol.** 2012, 26, 156–166.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TZIN, V.; LINDSAY, P. L.; CHRISTENSEN, S. A.; MEIHLS, L. N.; BLUE, L. B.; JANDER, G. Genetic mapping shows intraspecific variation and transgressive segregation for caterpillar-induced aphid resistance in maize. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 24, n. 22, p. 5739-5750, 2015. doi: <https://doi.org/10.1111/mec.13418>

VALICENTE, FERNANDO HERCOS. Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2015.

VIVANCOS, J.; LABBE, C.; MENZIES, J. G.; BELANGER, R. R. Silicon-mediated resistance of *Arabidopsis* against powdery mildew involves mechanisms other than the salicylic acid (AS)-dependent defence pathway. **Molecular plant pathology**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 572-582, 2015.

VOELCKEL, CLAUDIA; BALDWIN, IAN T. Herbivore-induced plant vaccination. Part II. Array-studies reveal the transience of herbivore-specific transcriptional imprints and a distinct imprint from stress combinations. **The Plant Journal**, v. 38, n. 4, p. 650-663, 2004.

WAQUIL, J. M., VIANA, P. A., CRUZ, I., & SANTOS, J. P. (1999). Aspectos da biologia da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 28, 413-420.

WOUTERS, F. C.; BLANCHETTE, B.; GERSHENZON, J.; VASSÃO, D. G. Plant defense and herbivore counter-defense: benzoxazinoids and insect herbivores. **Phytochemistry Reviews**, [s.l.], v. 15, n. 6, p. 1127-1151. 2016. doi: <https://doi.org/10.1007/s11101-016-9481-1>

YE, M.; SONG, Y.; LONG, J.; WANG, R.; BAERSON, S. R.; PAN, Z.; ZHU-SALZMAN, K.; XIE, J.; CAI, K.; LUO, S.; ZENG, R. Priming of jasmonate-mediated antiherbivore defense responses in rice by silicon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 110, n. 38, p. E3631-E3639, 2013. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1305848110>

ZHANG, P., ZHU, X., HUANG, F., LIU, Y., ZHANG, J., LU, Y., & RUAN, Y. (2011). Suppression of jasmonic acid-dependent defense in cotton plant by the mealybug *Phenacoccus solenopsis*. **PloS one**, 6(7).

ZHANG, P. J., HUANG, F., ZHANG, J. M., WEI, J. N., & LU, Y. B. (2015). The mealybug *Phenacoccus solenopsis* suppresses plant defense responses by manipulating JA-SA crosstalk. **Scientific reports**, 5, 9354.

ZHANG, P. J., LI, W. D., HUANG, F., ZHANG, J. M., XU, F. C., & LU, Y. B. (2013). Feeding by whiteflies suppresses downstream jasmonic acid signaling by eliciting salicylic acid signaling. **Journal of Chemical Ecology**, 39(5), 612-619.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO**A herbivoria por insetos sugadores influencia a colonização por heteroespecíficos e coespecíficos?**

Marina Chaves de Oliveira¹; Patrícia Pereira²; Marvin Pec³; Livia Aparecida de Souza⁴; Maria Fernanda Gomes Villalba Peñaflo^{1*}

¹Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG, Brasil, Câmpus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000

* *Autora correspondente*: Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG, Brasil, Câmpus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Telefone (35) 3829- 5128/ (35) 3829-1287
Email: fernanda.penaflor@den.ufla.br

RESUMO

Os insetos sugadores frequentemente manipulam as defesas das plantas através da via sinalizada pelo do ácido salicílico (AS) que interage antagonicamente com o ácido jasmônico (AJ), tornando a planta suscetível a outros insetos, pelo aumento do AS e a queda do AJ. Esses insetos estão entre os principais que causam danos a cultura do milho (*Zea mays* L.). O cereal tem grande importância econômica, sendo um dos mais consumidos e cultivados no mundo, estando sujeito a herbivoria durante todo seu ciclo de vida, uma vez que muitos hospedeiros usam suas folhas como a principal fonte de alimento, tais o fazem como o pulgão do milho (*Rhopalosiphum maidis* (Fitch)) e a cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott)). Assim aqui avaliamos se a herbivoria por insetos sugadores aumenta a atratividade da planta hospedeira por indivíduos coespecíficos e heteroespecíficos. Para verificar isso, investigamos o efeito da herbivoria sobre a preferência hospedeira, preferência de oviposição e desempenho da cigarrinha (*D. maidis*) e do pulgão (*R. maidis*) por meio de ensaios utilizando plantas de milho nos seguintes tratamentos: (a) plantas infestadas com cigarrinha; (b) plantas infestadas com pulgão e (c) plantas não infestadas. Os resultados indicaram que para preferência hospedeira houve maior preferência por plantas infestadas, comparado a plantas não infestadas. Além disso, o pulgão do milho registrou maior preferência a plantas infestadas por heteroespecíficos, enquanto a cigarrinha não indicou preferência entre plantas infestadas. Para o teste de preferência de oviposição da cigarrinha do milho, fêmeas de *D. maidis* depositaram maior número de ovos em plantas previamente infestadas por insetos coespecíficos ou heteroespecíficos, comparado a plantas não infestadas. Porém, quando contrastadas as plantas infestadas por coespecíficos ou heteroespecíficos, houve maior preferência por plantas previamente infestadas por insetos coespecíficos. Já para o teste de desempenho de *D. maidis*, o tempo de desenvolvimento de ovo à adulto foi mais curto em plantas infestadas por coespecíficos do que heteroespecíficos e plantas não infestadas, indicando uma melhor qualidade hospedeira das plantas previamente infestadas por coespecíficos. Com relação ao desempenho de *R. maidis*, o tamanho da colônia foi maior em plantas infestadas por heteroespecíficos ou coespecíficos do que em plantas não infestadas. No entanto, quando comparado o desempenho de *R. maidis* em plantas infestadas com coespecíficos e heteroespecíficos, houve melhor desempenho do pulgão em plantas infestadas com heteroespecíficos. Dessa forma, os resultados indicam que há uma influência na colonização dos insetos por heteroespecíficos e coespecíficos na escolha desses insetos e que, provavelmente, esses insetos sugadores suprimem as defesas da planta de milho.

Palavra-chave: Oviposição. Preferência. Insetos sugadores.

1 INTRODUÇÃO

As plantas evoluíram ao longo dos anos desenvolvendo uma grande variedade de estratégias, visando reduzir ou minimizar os impactos causados por herbívoros. Essas estratégias de defesa das plantas podem ser classificadas como constitutivos, quando estão presentes nos tecidos vegetais, ou induzidos, quando são sintetizados apenas após a herbivoria, sendo que essas estratégias de defesas podem agir de forma direta, modificando o comportamento/fisiologia do herbívoro, ou indireta, através do recrutamento de inimigos naturais (DUDAREVA et al., 2006). A defesa indireta consiste na produção e emissão de voláteis (*herbivore-induced plant volatiles*, ou HIPVs) que são liberados quando a planta sofre algum dano, como a herbivoria, essas estratégias podem atrair os inimigos naturais do herbívoro e parasitoides, ocasionando uma interação tritrófica, para beneficiar a planta contra os ataques dos herbívoros (DE ARAUJO et al., 2021).

As modificações induzidas pela herbivoria no perfil de compostos orgânicos voláteis e não voláteis da planta, como álcoois, ésteres, aldeídos e terpenoides, podem alterar a escolha hospedeira de herbívoros subsequentes (BRUCE, 2015; HEIDEL-FISCHER et al., 2014; WAR et al., 2012). Algumas dessas estratégias de defesas das plantas, por exemplo é a sinalização fitohormonal, iniciada após a herbivoria, desencadeando repostas de defesas específicas de herbívoros, permitindo que as plantas regulem com precisão as respostas induzidas por herbivoria (ERB et al., 2012). Os estudos sobre as interações ecológicas entre plantas e herbívoros têm avançado nos últimos anos, visando compreender os mecanismos envolvidos nas interações através de compostos químicos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas (DUDAREVA et al., 2013).

De acordo com a literatura (SOLER et al., 2012; ALI et al., 2014; SCHWEIGER et al., 2014), os insetos sugadores manipulam as defesas das plantas através de compostos sinalizadores, como o ácido salicílico (AS) e o ácido jasmônico (AJ). O AJ é um dos principais hormônios que modula as defesas induzidas contra herbivoria nas plantas (ERB et al., 2012; LI et al., 2015). Quando o AJ é reduzido, a planta se torna mais suscetível à herbivoria por outros insetos em geral (MARTINEZ et al., 2000). As rotas metabólicas do AJ e AS atuam de maneira antagonista, ou seja, quando é ativada a rota do AS, pode ocorrer um declínio na concentração de AJ e vice-versa. Este *crosstalk* negativo entre as vias funcionam como uma estratégia da planta para direcionar suas respostas em defesa contra herbívoros dos insetos (PIETERSE et al., 2009). Com o contato íntimo e de longa duração, os insetos sugadores ativam a rota do AS, causando um aumento na concentração deste hormônio e, conseqüentemente, um declínio na concentração de AJ. Já o AS atua como regulador de crescimento e como sinalizador de defesa induzida contra a infecção de

patógenos (MARTINEZ et al., 2000). Assim, herbívoros sugadores possuem uma relação mais íntima com a célula vegetal ativando respostas de defesa que dependem do AS.

No Brasil o cultivo de milho (*Zea mays* L.) vem crescendo exponencialmente nos últimos anos em termos de exportação, exportou cerca de 38 milhões de toneladas em 2020, ocupando o segundo lugar no ranking de exportação de grãos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2020). O milho é um dos cereais mais consumidos e cultivados no mundo, principalmente devido sua versatilidade em poder ser consumido de várias formas na alimentação humana, ração animal, e bioenergia (CONTINI et al., 2019).

As plantas de milho são hospedeiras de vários insetos pragas, alguns causam danos severos a lavoura e com isso podem gerar perda na produção e consequente prejuízo econômico (DUARTE, 2015; CONTINI et al., 2019). As principais pragas do milho são a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), a lagarta-da-espiga do milho *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), a broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae), percevejos, a cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) e o pulgão do milho *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae), ambos insetos sugadores, conhecidos por manipular as rotas metabólicas de defesas das plantas.

Como a principal espécie vetora de fitopatógenos, a cigarrinha do milho *D. maidis* transmite o vírus de maneira persistente e propagativa (SANTANA JR et al., 2019), causando danos diretos ao sugar a seiva das plantas do milho que, a cigarrinha do milho quando infectada, transmite os enfezamentos, que são causados por dois microrganismos da classe Mollicutes, popularmente conhecido como mollicutes, que são um espiroplasma – enfezamento pálido (*Spiroplasma kunkelii*), e fitoplasma – enfezamento vermelho, e o vírus da risca do milho (*Maize Rayado Fino Virus - MRFV*) (MENESES et al., 2016). Essa praga ocasiona a redução de aproximadamente 70% da produção de grãos da planta doente. Em razão da importância das doenças transmitidas pela cigarrinha do milho, o controle deste inseto é importante para o desenvolvimento da cultura, visando uma maior e melhor produção final (ARAÓZ et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2021).

O pulgão do milho *R. maidis* também se alimenta da seiva da planta, causando danos prejudiciais a cultura. Esses danos podem ser através da sucção, atuando como vetores de viroses como o mosaico comum, além de dificultar o processo de polinização, colonizando as estruturas reprodutivas do vegetal, e também o processo fotossintético da planta nas regiões colonizadas. Os pulgões liberam uma substância açucarada, denominada por honeydew, que favorece o desenvolvimento da “fumagina”, uma doença causada por fungos de coloração escura, caracterizada pelo crescimento de uma crosta na superfície da folha, que resulta em dificuldade na respiração e na fotossíntese do vegetal (DE SOUZA et al., 2015; COSTA et al., 2015; DEL TORO-BENÍTEZ et al., 2018).

Neste sentido, visando compreender o comportamento desses insetos sugadores, o objetivo

deste trabalho é avaliar se a herbivoria por *R. maidis* ou *D. maidis* na planta de milho altera a preferência hospedeira, desempenho e a taxa de oviposição, subsequente de indivíduos heteroespecíficos ou coespecíficos em plantas de milho. Considerando a potencial de supressão das defesas das plantas por esses insetos sugadores, nossa hipótese foi que a planta infestada por uma das espécies facilite a colonização subsequente de coespecíficos e heteroespecíficos, a fim de avaliar isso realizamos ensaios comportamentais com os insetos em casa de vegetação e laboratório.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Cultivo das plantas e criação dos insetos

As sementes de milho (*Zea mays* L.) híbrido convencional 30F53 (Pioneer) foram cultivadas em vasos de polietileno (2 L de capacidade), contendo 1.5 Kg de solo (latossolo vermelho escuro, com adubação). Cada vaso contendo uma única planta de milho visivelmente viável. Os vasos com as plantas foram mantidas e cultivadas em casa de vegetação do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A irrigação das plantas ocorreu em dias intercalados até completarem 30 dias de idade após a germinação, quando foram utilizadas nos experimentos. Plantas de milho do mesmo híbrido foram cultivadas de modo semelhante para a manutenção da criação de *R. maidis* e *D. maidis*.

A criação da cigarrinha-do-milho (*D. maidis*) já está estabelecida no Laboratório de Ecologia Química das Interações Inseto-Planta – LEQIIP, no Departamento de Entomologia (DEN/UFLA). A colonização de insetos sadios foi obtida a partir de plantas de milho contendo posturas de adultos da espécie, os quais foram doados pelo laboratório de Ecotoxicologia da UFLA. Para a realização dos experimentos, as cigarrinhas foram mantidas em gaiolas de acrílico (30x30x60cm) contendo de três a cinco vasos, para a criação cada vaso foi semeado três plantas de milho sadias. Assim as cigarrinhas foram alimentadas com essas plantas de milho, após se alimentarem das plantas e a deteriorarem, os vasos foram trocados onde as plantas deterioradas são substituídas por novas plantas sadias. A metodologia utilizada para a criação de *D. maidis* está de acordo com Oliveira Lopes et al., (2004).

Enquanto que para a criação do pulgão do milho (*R. maidis*) foi realizada através da coleta dos insetos em um cultivo de milho da região de Lavras-MG. As colônias de pulgões foram mantidas em secções foliares (15 cm de comprimento). Essas secções foliares foram limpas em água corrente, sem outros herbívoros e mantidas em água dentro de recipientes de polietileno (25 mL de capacidade). Para evitar que os pulgões caíssem na água dos recipientes, uma barreira física de poliestireno foi colocada acima da superfície da água, permitindo apenas o contato da secção foliar com a água através de uma abertura. A substituição por novas secções foliares na criação foi feita pelo contato próximo da folha antiga colonizada com as novas colocadas uma em frente a

outra. Após os pulgões colonizarem as novas folhas, as mais velhas foram removidas. A criação dos pulgões foi realizada utilizando a metodologia adaptada de Cabette (1992).

2.2 Tratamentos

Em casa de vegetação vasos contendo apenas uma planta de milho, foram infestados com um inseto sugador, para cada experimento, cinco plantas foram infestadas com *R. maidis*, cinco plantas foram infestadas com *D. maidis* e outras cinco plantas não foram infestadas com qualquer inseto, constituindo o tratamento de plantas não infestadas (controle). Assim, obteve-se os seguintes tratamentos: i) Cinco vasos com plantas de milho infestadas por *D. maidis* (PID); ii) Cinco vasos com plantas de milho infestadas por *R. maidis* (PIR); iii) Cinco vasos com plantas de milho não infestadas (PNI) por nenhum inseto. As ninfas de cigarrinha utilizadas na infestação do tratamento PID estavam no instar 3º e 4º instar, enquanto que o tratamento PIR foi infestado com 100 pulgões adultos. Todas as plantas foram envolvidas com gaiolas de tecido do tipo voile (30 x 30 x 60 cm) e permaneceram infestadas durante 7 dias. Após esse período, os insetos foram retirados para dar início à realização dos experimentos.

2.3 Preferência hospedeira de *D. maidis* e *R. maidis*

A preferência hospedeira de *D. maidis* foi avaliada em um teste de dupla escolha em gaiolas feitas de madeira (1m x 0,7m) lacradas com tecidos *voile* contendo duas plantas de milho (FIGURA 1), seguindo as seguintes combinações i) PNI vs. PID ii) PNI vs. PIR iii) PID vs. PIR. Foram liberadas no centro de cada gaiola, cinco fêmeas acasaladas de *D. maidis* com sete dias após emergência. Para registrar a preferência hospedeira da cigarrinha, foi realizado a contagem das cigarrinhas em cada planta no período de 24h e 48h após sua liberação. Foram realizadas 10 repetições, com delineamento inteiramente casualizado (DIC), conduzidas em laboratório com temperatura e luz controladas (25 ± 2 °C, UR 60 ± 10 %, e fotofase de 10h).

A preferência hospedeira do pulgão foi avaliada em teste de dupla escolha, por meio da contagem do número de indivíduos presentes nas folhas das plantas de milho de cada tratamento nas seguintes combinações: i) PNI vs. PID, ii) PNI vs. PIR e iii) PID vs. PIR. (FIGURA 2). Afim de delimitar a área da folha de milho consumida pelos pulgões em cada tratamento foi utilizado uma arena de acrílico (90 x 15mm) contendo duas aberturas retangulares na base da placa (2 x 5cm), contendo uma folha de cada tratamento. Foram liberados no centro da arena 20 ninfas do pulgão e realizado a contagem dos insetos em cada abertura nos intervalos de 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 360min, após a liberação. Foram realizadas 10 repetições, com delineamento

inteiramente casualizado (DIC), conduzidas em casa de vegetação.

2.4 Preferência de oviposição de *D. Maidis*

A preferência de oviposição de *D. maidis* foi avaliada em um teste de dupla escolha em gaiolas feitas de madeira (1m x 0,7m). As gaiolas foram forradas na face lateral com tecido *voile*. Em cada gaiola tinha duas plantas de milho, dispostas de forma aleatória (FIGURA 3). A preferência de oviposição foi realizada conforme os tratamentos: i) PNI vs. PID ii) PNI vs. PIR iii) PID vs. PIR. COLOCAR AQUI NOVAMENTE OS TRATAMETNOS. Em laboratório (25 ±2 °C, UR 60 ± 10 %, e fotofase de 10h), foram liberadas cinco fêmeas acasaladas de *D. maidis* com sete dias após emergência e retiradas após 48h da liberação. A contagem dos ovos foi feita após cinco dias da liberação das fêmeas, com o auxílio de um microscópio estereoscópio para a melhor visualização dos ovos. Foram realizadas 10 repetições, com delineamento inteiramente casualizado (DIC), conduzidas em laboratório com temperatura e luz controladas (25 ±2 °C, UR 60 ± 10 %, e fotofase de 10h).

2.5 Desempenho de *D. Maidis* e *R. maidis*

O desempenho da cigarrinha do milho (*D. maidis*) foi avaliado através dos seguintes parâmetros biológicos do inseto: número de ínstar, duração de cada ínstar e porcentagem de em cada tratamento. Esses parâmetros biológicos foram registrados a partir de observações diárias á olho nu (FIGURA 4). As plantas de milho dos tratamentos: i) PID, ii) PIR e iii) PNI foram envolvidas com gaiolas de tecido do tipo *voile* (30 x 30 x 60 cm) e infestadas com uma ninfa de primeiro ínstar da cigarrinha (*D. maidis*). As gaiolas foram dispostas aleatoriamente no interior da casa de vegetação sem controle de temperatura, luz e umidade, totalizando 10 repetições de cada tratamento com delineamento inteiramente casualizado (DIC).

O desempenho do pulgão (*R. maidis*) foi avaliado por meio do crescimento colonial nas plantas de milho. Em cada planta de milho, foram liberados 30 adultos ápteros adultos de *R. maidis* dos tratamentos: i) PID, ii) PIR e iii) PNI e cobertas individualmente por um saco de tecido *voile* para evitar o escape dos insetos (FIGURA 5). A contagem do número de pulgões em cada vaso contendo as plantas de milho foi realizada para os pulgões de todas as idades após 14 dias da liberação dos afídeos. Os vasos contendo as plantas de milho de cada tratamento foram dispostos

aleatoriamente no interior da casa de vegetação sem controle de temperatura, luz e umidade, totalizando 10 repetições de cada tratamento com delineamento inteiramente casualizado (DIC).

2.5 Análise estatística

A escolha da preferência hospedeira de *D. maidis* foi avaliada por modelos lineares generalizados com distribuição binomial (24 horas e 48 horas). A proporção de escolha do teste de preferência hospedeira de *R. maidis* foi avaliada por modelos lineares generalizados mistos com distribuição binomial sendo a variável fixa as duplas avaliadas e a variável aleatória as avaliações no tempo. O número de ovos depositados pela cigarrinha do milho, no teste de preferência de oviposição em cada planta foi avaliada por modelos lineares generalizados, pela sobredispersão dos dados foi utilizado a distribuição quasipoisson. O tempo em cada estágio de desenvolvimento da cigarrinha do milho do teste de desempenho, foi testado sua normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade dos dados (Bartlett) e depois analisada por ANOVA. As comparações entre os tratamentos foram feitas utilizando a função “emmeans” e os p-valores corrigidos por Bonferroni. Para verificar a qualidade dos modelos mistos estimados, foram geradas simulações dos modelos utilizados com a função “simulateResiduals” e a qualidade dos modelos lineares generalizados foi determinada através de um gráfico semi-normal com um envelope de simulação. As análises foram feitas utilizando o software R (R Core Team, 2019) e foram utilizados os seguintes pacotes lme4 (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015), emmeans (Searle, Speed, & Milliken, 1980) e hnp.

3 RESULTADOS

3.1 Preferência hospedeira de *D. maidis* e *R. maidis*

Para as plantas infestadas com *D. maidis* no teste de dupla escola (coespecíficos ou heteroespecíficos), o número de cigarrinhas foi maior do que nas plantas de milho não infestadas (PID vs. PNI: $\chi^2 = 75.65$, d. f. = 1, $p < 0.001$; PIR vs. PNI: $\chi^2 = 39.60$, d. f. = 1, $p < 0.001$). Entretanto não houve preferência entre os tratamentos PID e PIR ($\chi^2 = 0.7817$, d. f. = 1, $p = 0.3766$) (FIGURA 6).

Para as plantas infestadas com *R. maidis* no teste de dupla escola (coespecíficos ou heteroespecíficos) o número de pulgões em plantas infestadas foi significativamente maior do que em plantas do milho não infestadas (PID vs. PNI: $\chi^2 = 37.09$, d. f. = 1, $p < 0.001$; PIR vs. PNI: $\chi^2 = 44.09$, d. f. = 1, $p < 0.001$) (FIGURA 7A e 7B). Comparando os dois tratamentos (PID vs. PIR) das plantas infestadas, observamos que os pulgões preferiram plantas infestadas com a cigarrinha do milho (PID), enquanto que ao comparar a plantas infestadas com o pulgão do milho (PIR) ao longo do tempo (PID vs. PIR: $\chi^2 = 22.53$, d. f. = 1, $p < 0.001$) (FIGURA 7C).

3.2 Preferência de oviposição de *D. maidis*

Para a preferência de oviposição de *D. maidis*, os testes de dupla escolha mostraram que as fêmeas de *D. maidis* depositaram um maior número de ovos em plantas previamente infestadas por insetos coespecíficos ou heteroespecíficos quando comparado às plantas não infestadas (PID vs. PNI $\chi^2 = 26.95$, d. f. = 1, $p < 0.001$; PIR vs. PNI ($\chi^2 = 51.75$, d. f. = 1, $p < 0.001$) (FIGURA 8A e 8B). No contraste entre os dois tratamentos de plantas infestadas, observamos que as fêmeas de *D. maidis* preferiram plantas previamente infestadas com a cigarrinha do milho, comparadas a plantas infestadas com o pulgão do milho (PID vs. PIR $\chi^2 = 11.10$, d. f. = 1, $p < 0.001$) (FIGURA 8C).

3.3 Desempenho de *D. maidis* e *R. maidis*

Para o desempenho de *D. maidis* em testes sem chance de escolha, os tempos de desenvolvimento das ninfas de cigarrinha do milho foram semelhantes entre os tratamentos (PNI, PID e PIR) no ínstar 1 ($F_{2,18} = 2.81$; $p = 0.086$), ínstar 2 ($F_{2,18} = 0.11$; $p = 0.893$) e ínstar 4 ($F_{2,18} = 3.20$; $p = 0.064$). Porém, observamos um tempo de desenvolvimento mais curto no

ínstar 3 das ninfas de cigarrinhas nos tratamentos PNI em comparação à PID ($F_{2,18} = 7.99; p = 0.0032$). No ínstar 5 do desenvolvimento ninfal da cigarrinha, observamos que o tempo de desenvolvimento foi mais curto para o tratamento PID do que no tratamento PNI ($F_{2,18} = 4.17; p = 0.032$). O tempo total de desenvolvimento de ovo a adulto da cigarrinha foi significativamente mais curto em plantas previamente infestadas por insetos coespecíficos, ou seja, tratamento PID ($F_{2,18} = 22.43; p < 0.001$) (FIGURA 9).

Já para o desempenho de *R. maidis*, os testes sem chance de escolha indicaram que houve diferença significativa no tamanho da colônia entre os tratamentos, sendo maior em plantas infestadas com coespecíficos (PIR) e heteroespecíficos (PID) do que em plantas não infestadas (PNI). Mas, entre as plantas infestadas, a colônia de pulgões foi maior em PIR do que em PID ($\chi^2 = 131,41, d. f. = 2, p < 0.001$) (FIGURA 10).

4 DISCUSSÃO

Sabemos que lesões causadas por insetos herbívoros ativam as rotas de defesa em toda parte da planta, não somente no tecido diretamente danificado, mas também em outras partes das plantas (FARMER; RYAN, 1992). Em geral, vários estudos demonstraram que a herbivoria por insetos sugadores de floema, como a cigarrinha e pulgão do milho, induzem a suscetibilidade da planta, pois manipulam as rotas metabólicas de defesa da planta, devido ao *cross-talk* (interação indesejada) negativo nas rotas de ácido jasmônico (JA) e ácido salicílico (SA) (KAZAN; MANNERS, 2011; FAGAN et al., 2015; BALLARÉ, 2014; MICHEREFF et al., 2011; ERB et al., 2012; WASTERACK, 2007). Segundo Korth e Thompson (2006), o JA e o metil jasmonato (MeJA), atuam como moduladores hormonais responsáveis por diversas fases de desenvolvimento, conhecidos como ativadores de defesa da planta. Os resultados encontrados aqui mostraram que a infestação prévia das plantas de milho com *R. maidis* ou *D. maidis* favorecesse a colonização por insetos coespecíficos e heteroespecíficos quando comparamos plantas de milho infestadas e não infestadas.

Além disso, encontramos que houve preferência hospedeira da cigarrinha por plantas de milho previamente infestadas por insetos coespecíficos e heteroespecíficos. Porém, quando comparamos plantas infestadas com heteroespecíficos com plantas infestadas com coespecíficos, as cigarrinhas não discriminaram os tratamentos. O que esta de acordo nossa hipótese, de que os insetos sugadores possivelmente manipulam as defesas das plantas, como a do ácido jasmônico (AJ) e ácido salicílico (AS), modificando a concentração desses compostos, a nível molecular. Como as rotas metabólicas do AJ e AS, atuam de maneira antagonista, ou seja, quando é ativado a rota do AJ, pode ocorrer um declínio na concentração de AS, compostos que funcionam como uma molécula sinalizadora que induz a planta a expressar resistência contra o ataque de herbívoros (MARTINEZ et al., 2000), assim com o seu declínio, a planta se torna mais suscetível ao ataque de herbívoros (SOLER et al., 2012; ALI et al., 2014; SCHWEIGER et al., 2014).

Esse resultado também foi encontrado por Moreira et al. (2003), no qual investigou o comportamento do ácaro *Tetranychus evansi* (Baker e Pritchard, 1960) (Acari: Tetranychidae) aos odores de plantas de tomate infestadas e plantas não infestadas, concluindo que os ácaros preferiram plantas atacadas. Entretanto Frati et al. (2008) encontrou em ensaios de olfatométrica que fêmeas do percevejo *Lygus rugulipennis* (Poppius, 1911) (Hemiptera: Miridae), foram significativamente mais atraídas por plantas não infestadas, comparadas a plantas infestadas por coespecíficos. Assim como Lin et al. (2019) relatou a preferência de moscas brancas *Bemisia tabaci* (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), a tratamentos pré infestados com a cochonilha *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley, 1898) (Hemiptera: Pseudococcidae) e pelo ácaro *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval, 1867) (Acari: Tetranychidae).

Houve redução na oviposição da cigarrinha do milho em plantas não infestadas comparadas a plantas previamente infestadas. Porém, quando comparado plantas infestadas por heteroespecíficos e coespecíficos, a cigarrinha do milho apresentou preferência de oviposição por plantas infestadas por coespecíficos. Resultados semelhantes foram encontrados com outros insetos sugadores no qual ovipositaram em plantas previamente infestadas por coespecíficos. Martínez et al. (2017) apresenta em seus resultados, uma preferência de oviposição em plantas infestadas com coespecíficos, de uma importante praga de *Eucalyptus spp.* o percevejo *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae). Ao contrário do nosso estudo, Jalali et al. (2019) investigou a preferência de oviposição da mariposa *Diaphania indica* (Saunders, 1851) (Lepidoptera: Pyralidae), uma importante praga das cucurbitáceas, no qual os resultados revelaram que menos ovos foram encontrados em plantas previamente infestadas comparado a plantas não infestadas.

Estudos prévios mostram que o ácaro *T. evansi* apresentou um desempenho muito melhor em plantas previamente atacadas do que em plantas não atacadas, sugerindo que o ácaro suprimiu a liberação de voláteis induzidos pela herbivoria, como o ácido salicílico e o ácido jasmônico, compostos envolvidos nas defesas induzidas de plantas de tomate (SARMENTO et al., 2011). Aqui também encontramos que ambos insetos (*D. maidis* e *R. maidis*) apresentaram melhor desempenho em plantas previamente infestadas por coespecíficos, possivelmente por ter suas rotas metabólicas manipuladas por esses insetos sugadores, o que ocasiona na queda queda do AJ, resultando em plantas mais suscetíveis ao ataque de outros herbívoros (DEUNER et al., 2015). De maneira contrária Agut et al. (2015) observou em seu estudo que a liberação de voláteis vegetais induzidos por herbívoros de *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) de plantas de laranja azeda tem um efeito repelente marcante sobre ácaros coespecíficos associados à produção dos terpenos (α -ocimeno, α -farneseno, pineno e D –limoneno), e o volátil de folha verde (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona). Esse efeito repelente possivelmente esta relacionado com a produção dos terpenos, uma vez que podem ser repelentes para insetos sugadores, favorecendo a planta hospedeira (SANTOS, 2019).

Por outro lado, os pulgões podem ser sensíveis aos voláteis induzidos por herbivoria no

milho, pois um dos principais compostos liberados pela planta quando atacada é o (*E*)- β -farneseno, composto presente no feromônio de alarme dos pulgões (BERNASCONI et al., 1998). A esse respeito, encontramos que o pulgão-do-milho preferiu plantas infestadas (PID e PIR). Porém, quando comparado plantas infestadas por coespecíficos ou heretoespecíficos, observamos a preferência do pulgão por plantas infestadas por heteroespecíficos. Ameline et al. (2007) observou o comportamento do pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de batata *Solanum tuberosum* L. (Esau, 1959) no qual plantas previamente infestadas com coespecíficos foram preferidas comparado a plantas não infestadas.

Assim, os resultados encontrados aqui sugerem evidências de respostas da planta ao estresse após o dano causado pela herbivoria como também encontrou Silva et al. (2021) para a infestação por *B. tabaci*. O efeito da atração por plantas infestadas já era esperado, pois a redução dos níveis de AJ devido ao aumento de AS causa esse efeito, como resultado da alimentação destes insetos sugadores, tornando a planta mais suscetível (Magalhães et al., 2012).

Aqui apresentamos um dos primeiros resultados sobre a preferência de cigarrinha do milho e do pulgão do milho, frente a plantas infestadas por coespecíficos e heteroespecíficos. Nossos resultados mostram que plantas infestadas por (*D. maidis*) favorece a colonização subsequente de coespecíficos, apresentando melhor desempenho e preferência de oviposição. Enquanto que para a preferência hospedeira com plantas infestadas por coespecíficos e heteroespecíficos, a cigarrinha não apresentou preferência significativa entre elas. Por outro lado, plantas previamente infestadas com coespecíficos e heteroespecíficos favorece o desempenho e a preferência hospedeira, respectivamente do pulgão do milho (*R. maidis*). Nesse sentido, estudos futuros são necessários para confirmar se esse aumento de suscetibilidade a coespecíficos e heteroespecíficos é resultante do *cross-talk* negativo entre as vias hormonais, e assim preencher as lacunas que ainda precisam ser respondidas, como a herbivoria múltipla e a dinâmica populacional destes herbívoros sugadores, e suas possíveis relações com outros herbívoros.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia pela realização do mestrado e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- AGUT, B., GAMIR, J., JAQUES, J.A. AND FLORS, V. (2015), *Tetranychus urticae*-triggered responses promote genotype-dependent conspecific repellence or attractiveness in citrus. **New Phytol**, 207: 790-804 doi:<https://doi.org/10.1111/nph.13357>
- ALI, J.G.; AGRAWAL, A.A. Asymmetry of plant-mediated interactions between specialist aphids and caterpillars on two milkweeds. **Funct. Ecol.** 2014, 28, 1404–1412.
- AMELINE, A., COUTY, A., DUGRAVOT, S., CAMPAN, E., DUBOIS, F. E GIORDANENGO, P. (2007), Alteração imediata do comportamento de seleção de plantas hospedeiras de *Macrosiphum euphorbiae* após danos bióticos e abióticos infligidos a plantas de batata. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 123: 129137. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00531.x>
- ARÁOZ, M. C., JACOBI, V. G., FERNANDEZ, P. C., ALBARRACIN, E. L., VIRLA, E. G., HILL, J. G., & CATALAN, C. A. N. (2019). Volatiles mediate host-selection in the corn hoppers *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and *Peregrinus maidis* (Hemiptera: Delphacidae). **Bulletin of entomological research**, 109(5), 633-642.
- BALLARÉ CL (2014) Light regulation of plant defense. **Annual Review Plant Biology** 65:335-363.
- BERNASCONI, ML, TURLINGS, TCJ, AMBROSETTI, L., BASSETTI, P. E DORN, S. (1998), emissões de voláteis de milho induzidas por herbívoros repelem o pulgão de folha de milho, *Rhopalosiphum maidis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 87: 133-142. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1998.00315.x>
- BRUCE, T. J. A. Interplay between insects and plants: dynamic and complex interactions that have coevolved over millions of years but act in milliseconds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 66, n. 2, p 455-465. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru391>
- Confederação Nacional de Agricultores Familiares e Empreendedores Familiares Rurais (Brasília). **CONAFER**. Milho, a força do grão que alimenta a economia da agricultura familiar. 2020. Disponível em: <https://www.conafer.org.br/sobre/>. Acesso em: 18 dez. 2021.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho – Caracterização e Desafios Tecnológicos. Parte 2. Brasília-DF: **Embrapa**, 2019. 45 p. (Desafios do Agronegócio Brasileiro). Nota técnica.
- COSTA, I. M. S., CRUZ, I., FERNANDES, C., GANGANA, A., & REDOAN, A. (2015). Efeito da temperatura noturna no desenvolvimento e biologia de *Rhopalosiphum maidis*. In **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 12., 2015, São Lourenço, MG. Anais... São Lourenço: Sociedade Brasileira de Ecologia, 2015.
- DE ARAÚJO, H. M., BATISTA, J. D. L. B., DE LACERDA, L. B., DE SOUZA ARAÚJO, J. R. E., DE ALMEIDA CARTAXO, P. H., DA SILVA, J. H. B., ... & DE OLIVEIRA SANTOS, J. P. (2021). Uso de semioquímicos no controle de lepidópteros. **Scientific Electronic Archives**, 14(12).
- DEUNER, C., BORGES, C. T., ALMEIDA, A. S., MENEGHELLO, G. E., & TUNES, L. V. (2015). Ácido jasmônico como promotor de resistência em plantas. **Revista de Ciências**

Agrárias, 38(3), 275-281.

DE SOUSA ALMEIDA, A. C., SILVA, L. P., DE JESUS, F. G., NOGUEIRA, L., DE SOUSA NETO, M., & DA CUNHA, P. C. R. (2015). Efeito de indutores de resistência em híbridos de milho na atratividade do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856)(Hemiptera: Aphididae). **Agrarian**, 8(27), 23-29.

DEL TORO-BENÍTEZ, M., BAÑOS-DÍAZ, H. L., MIRANDA-CABRERA, I., & MARTÍNEZ-RIVERO, M. D. L. A. (2018). Biología de *Rhopalosiphum maidis* Fitch (Hemiptera: Aphididae) sobre sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)(Moench). Revista de **Protección Vegetal**, 33(1), 00-00.

DUARTE, A. P.; KAPPES, C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. **Informações Agrônomicas**, n. 152, p. 15-18, 2015

DUDAREVA, N., KLEMPIEN, A., MUHLEMANN, J. K., & KAPLAN, I. (2013). Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. **New Phytologist**, 198(1), 16-32.

DUDAREVA, N., NEGRE, F., NAGEGOWDA, D. A., & ORLOVA, I. (2006). Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical reviews in plant sciences**, 25(5), 417-440.

ERB, M.; MELDAU, S.; HOWE, G. A. Role of phytohormones in insect-specific plant reactions. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 250-259, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.01.003>

FAGAN EB, Ono EO, Rodrigues JD, Chalfun JR A, Dourado Neto D (2015) **Fisiologia vegetal: reguladores vegetais**. Editora Andrei. 302p.

FARMER, E.E. E RYAN, C.A. (1992) - Octadecanoid precursors of jasmonic acid activate the synthesis of wound – inducible proteinase inhibitor. **Plant Cell**, vol. 4, n. 2, p. 129-134.

HEIDEL-FISCHER, H. M.; MUSSER, R. O.; VOGEL, H. Plant transcriptomic responses to herbivory. In: VOELCKEL, C.; JANDER, G. (eds) **Annual Plant Reviews**, Insect-plant interactions, v. 47, Wiley-Blackwell, Chichester, 2014. p. 155-196.

KAZAN K, MANNERS JM (2011) The interplay between light and jasmonate signalling during defence and development. **Journal of Experimental Botany** 14p.

KORTH, K.L. E THOMPSON, G.A. (2006) - Chemical signals in plants: jasmonates and the role of insect-derived elicitors in responses to herbivores. In: Tuzun, S.; Bent, E. (Ed) - Multigenic and induced systemic resistance in plants. New York, **Springer**, p. 259-278.

LI, R.; ZHANG, J.; LI, J.; ZHOU, G.; WANG, Q.; BIAN, W.; ERB, M.; LOU, Y. Prioritizing plant defense over growth through WRKY regulation facilitates infestation by non-target herbivores. **eLife**, Cambridge, London, v. 4, e04805, 2015. DOI: 10.7554/eLife.04805

LIN, DAN, YONGHUA XU, HUIMING WU, XUNYUE LIU, LI ZHANG, JIRUI WANG, AND QIONG RAO. "Plant defense responses induced by two herbivores and consequences for whitefly *Bemisia tabaci*." **Frontiers in physiology** 10 (2019): 346.

MAGALHÃES, DM, BORGES, M., LAUMANN, RA et al. Semioquímicos de Algodão Induzido por Herbivoria Melhoram o Comportamento de Forrageamento do Bicudo do Algodão, *Anthonomus grandis* . **J Chem Eco** 38, 1528-1538 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0216-5>

MARTINEZ, C., BACCOU, J. C., BRESSON, E., BAISSAC, Y., DANIEL, J. F., JALLOUL,

A., ... & NICOLE, M. (2000). Salicylic Acid Mediated by the Oxidative Burst Is a Key Molecule in Local and Systemic Responses of Cotton Challenged by an Avirulent Race of *Xanthomonas campestris pv malvacearum*. **Plant Physiology**, 122(3), 757-766.

MARTÍNEZ, G., FINOZZI, M.V., CANTERO, G., SOLER, R., DICKE, M. AND GONZÁLEZ, A. (2017), Oviposition preference but not adult feeding preference matches with offspring performance in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. **Entomol Exp Appl**, 163: 101-111. doi:<https://doi.org/10.1111/eea.12554>

MENESES, A. R., QUERINO, R. B., OLIVEIRA, C. M., MAIA, A. H., & SILVA, P. R. (2016). Seasonal and vertical distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazilian corn fields. **Florida Entomologist**, 99(4), 750-754.

MICHEREFF, M.F.F.; LAUMANN, R.A.; BORGES, M.; MICHEREFF FILHO, M.; DINIZ, I.R.; FARIAS NETO, A.L.; MORAES, M.C.B. Volatiles mediating a plant herbivore natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars. **Journal of Chemical Ecology**, v.37, p.273-285, 2011

MOREIRA, L. R., DE OLIVEIRA, E. E., PALLINI, A., DOS SANTOS, A. P., & DE OLIVEIRA, H. G. Comportamento de forrageamento do ácaro vermelho do tomateiro mediado por odores de plantas de tomate. 2003.

OLIVEIRA, C. M. de; LOPES, J. R. S.; SILVA, R. B. Q. da (2017) Técnicas de criação da cigarrinha-do-milho para estudos de transmissão e de controle biológico. In: Oliveira, C. M.; Sabato, E. O. (Eds). Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses. Brasília, DF: **Embrapa**, 155-180.

OLIVEIRA, CHARLES MARTINS DE; FRIZZAS, MARINA REGINA. Eight Decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott)(Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: What We Know and What We Need to Know. **Neotropical Entomology**, p. 1-17, 2021.

PIETERSE, C.M.J. et al. Networking by small-molecules hormones in plant immunity. **Nature Chemical Biology**, New York, v.5, p. 308-316, 2009.

SILVA, D.B., JIMÉNEZ, A., URBANEJA, A., PÉREZ-HEDO, M. AND BENTO, J.M. (2021), Changes in plant responses induced by an arthropod influence the colonization behavior of a subsequent herbivore. **Pest Manag Sci**, 77: 4168-4180. doi:<https://doi.org/10.1002/ps.6454>

SANTANA JR, P. A., KUMAR, L., DA SILVA, R. S., PEREIRA, J. L., & PICANÇO, M. C. (2019). Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. **Pest management science**, 75(10), 2706-2715.

SANTOS, MATEUS DE ALMEIDA. "Produção e emissão de β -cariofileno em laranjeiras e *Arabidopsis thaliana* pela superexpressão de terpeno sintases e avaliação da expressão gênica nas vias biossintéticas para produção de terpenos." (2019).

SARMENTO, RENATO ALMEIDA, FELIPE LEMOS, PETRA M. BLEEKER, ROBERT C. SCHUURINK, ANGELO PALLINI, MARIA GORETI ALMEIDA OLIVEIRA, ERALDO R. LIMA, MERIJN KANT, MAURICE W. SABELIS, AND ARNE JANSSEN. "A herbivore that manipulates plant defence." **Ecology letters** 14, no. 3 (2011): 229-236.

SCHWEIGER, R.; HEISE, A.M.; PERSICKE, M.; MÜLLER, C. Interactions between the jasmonic and salicylic acid pathway modulate the plant metabolome and affect herbivores of different feeding types. **Plant Cell Environ**. 2014, 37, 1574–1585.

LER, R.; BADENES-PÉREZ, F.R.; BROEKGAARDEN, C.; ZHENG, S.J.; DAVID, A.; BOLAND, W.; DICKE, M. Plant-mediated facilitation between a leaf-feeding and a phloem-feeding insect in a brassicaceous plant: From insect performance to gene transcription. **Funct. Ecol.** 2012, 26, 156–166.

VALICENTE, FERNANDO HERCOS. Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2015.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, Philadelphia, v. 7, n. 10, p. 1306-1320, 2012. doi: <https://doi.org/10.4161/psb.21663>

WASTERNAK, C. (2007) - Jasmonates: an Update on Biosynthesis, Signal Transduction and Action in Plant Stress Response, Growth and Development. **Annals of Botany**, vol. 100, n. 4, p. 681-697.

FIGURAS



Figura 1- Experimentos de preferência hospedeira de *D. maidis* em laboratório.



Figura 2- Experimento de preferência hospedeira de *R. maidis* em casa de vegetação.



Figura 3- Experimentos de preferência de oviposição de *D. maidis* em laboratório.



Figura 4- Experimento de desempenho de *D. maidis* em casa de vegetação.



Figura 5- Experimento de desempenho de *R. maidis* em casa de vegetação.

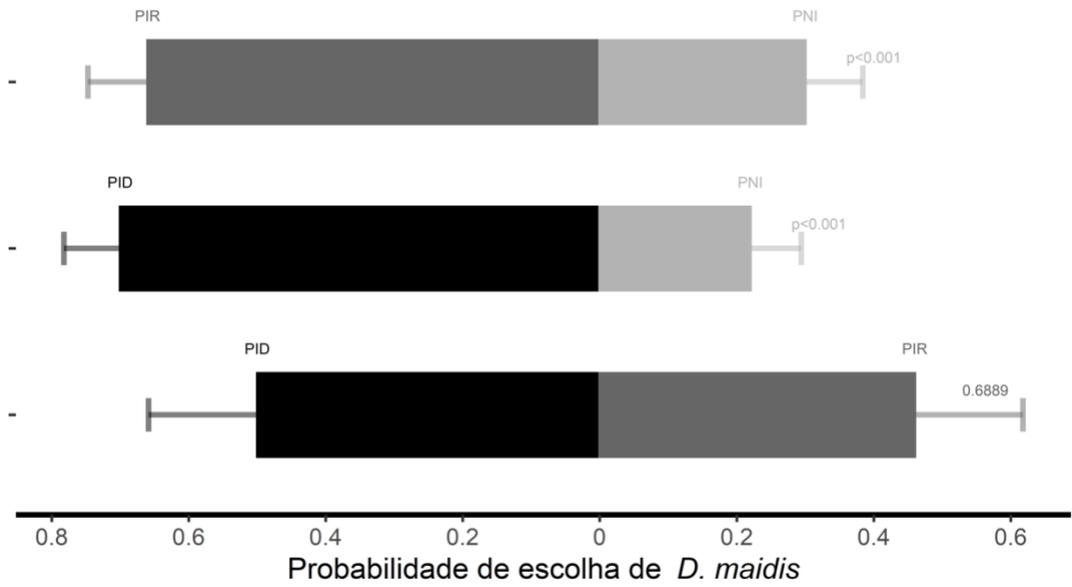
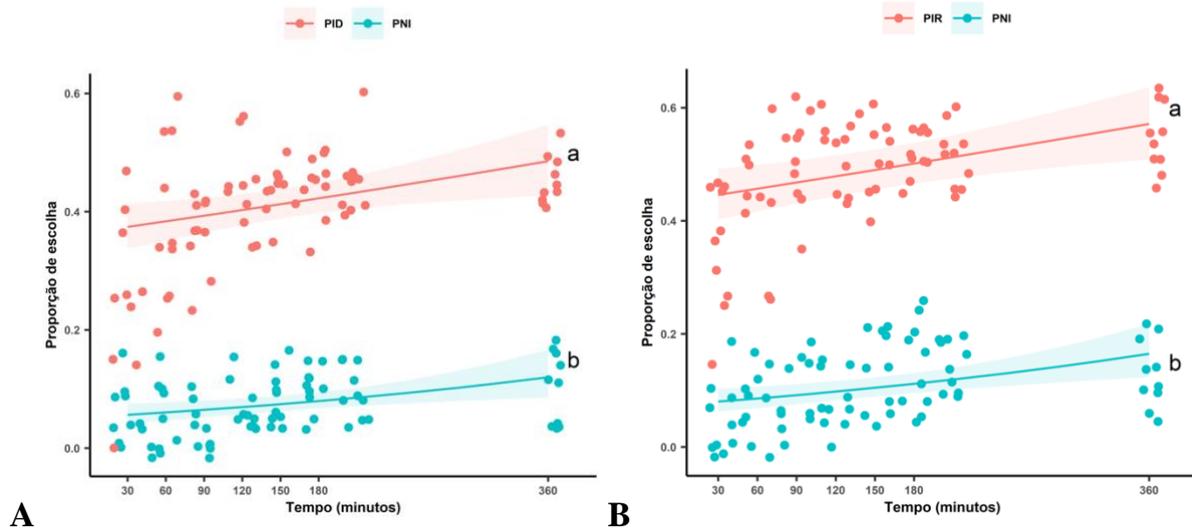


Figura 6- Preferência hospedeira de *D. maidis* em plantas de milho são infestadas (PNI), infestadas pelo pulgão do milho (PIR) e infestadas pela cigarrinha do milho (PID), em testes de dupla escolha.



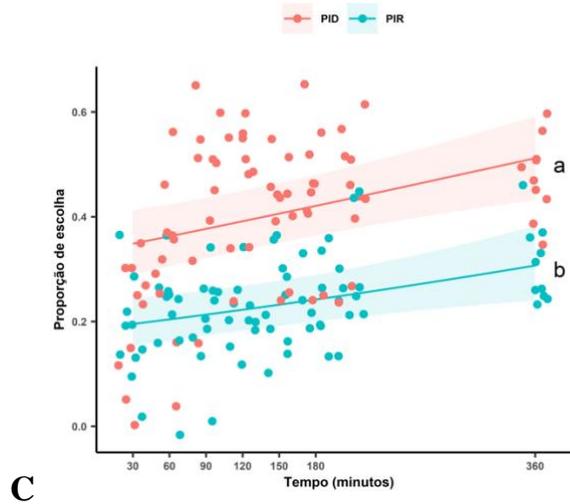


Figura 7- Preferência hospedeira de *R. maidis* em plantas de milho são infestadas (PNI), infestadas pelo pulgão do milho (PIR) e infestadas pela cigarrinha do milho (PID), em testes de dupla escolha. (a) PID vs. PNI; (b) PIR vs. PNI; (c) PID vs. PIR. Aqui vc pode colocar os tres graficos juntos, um em baixo do outro, pois possivelmente o artigo será em duas colunas, mas isso para o artigo

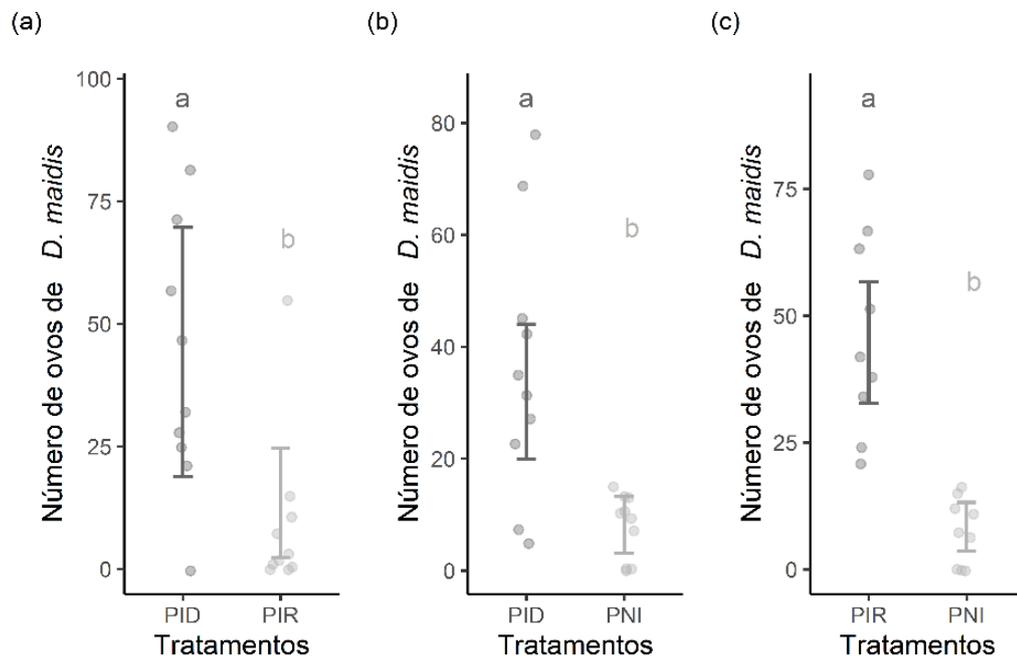


Figura 8- Preferência de oviposição de *D. maidis* em plantas de milho são infestadas (PNI), infestadas pelo pulgão do milho (PIR) e infestadas pela cigarrinha do milho (PID), em testes de dupla escolha. (a) PID vs. PIR; (b) PID vs. PNI; (c) PIR vs. PNI.

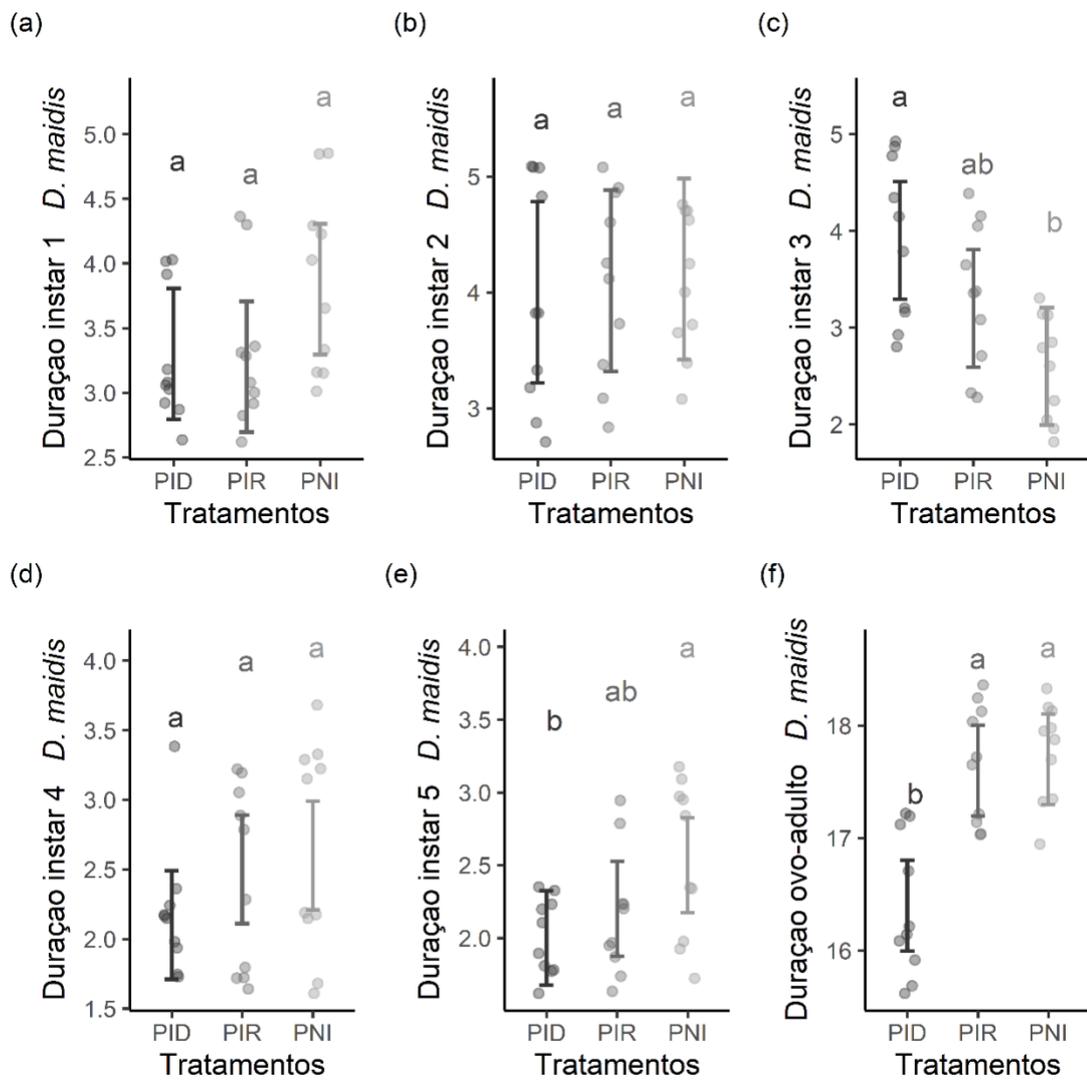


Figura 9- Desempenho de *D. maidis* em plantas de milho são infestadas (PNI), infestadas pelo pulgão do milho (PIR) e infestadas pela cigarrinha do milho (PID). (a) Duração do primeiro ínstar; (b) Duração do segundo ínstar; (c) Duração do terceiro ínstar; (d) Duração do quarto ínstar; (e) Duração do quinto ínstar; (f) Duração da fase ovo à adulto.

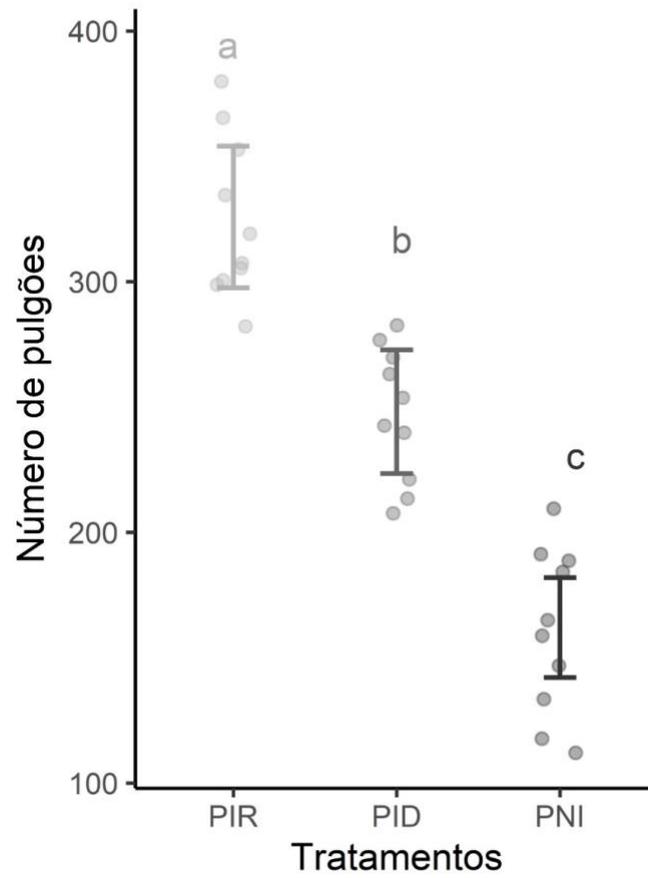


Figura 10- Desempenho de *R. maidis*, medido em termos de crescimento colonial, em plantas de milho são infestadas (PNI), infestadas pelo pulgão do milho (PIR) e infestadas pela cigarrinha do milho (PID).