

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL EM FITOSSANIDADE DOS
CITROS**

ANA CAROLINE SILVA

**Estratégia repele-atrai e mata para o controle de *Diaphorina citri*
Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da
Citricultura como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestra em Fitossanidade dos Citros

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientador: Dr. Wellington Ivo Eduardo

**Araraquara
Janeiro 2021**

ANA CAROLINE SILVA

**Estratégia repele-atrai e mata para o controle de *Diaphorina citri*
Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da
Citricultura como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestra em Fitossanidade dos Citros

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientador: Dr. Wellington Ivo Eduardo

**Araraquara
Janeiro 2021**

ANA CAROLINE SILVA

**Estratégia repele-atrai e mata para o controle de *Diaphorina citri*
Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da
Citricultura como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestra em Fitossanidade dos Citros

Araraquara, 20 de janeiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Marcelo Pedreira de Miranda (Orientador)
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP.

Dr. Rodrigo Neves Marques
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Araras/SP.

Dr. Arthur Fernando Tomaseto
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Citrosuco por acreditar no meu trabalho e investir em meu desenvolvimento profissional e pessoal. Agradeço em destaque à Michelle Karina Pereira, Valdir Juarez Giacomelli, Helton Carlos de Leão e Eduardo Andrade Lopes, por proporcionarem a minha primeira experiência no mercado de trabalho e me guiarem diariamente.

Ao Fundecitrus, seus profissionais e a todos os envolvidos no MasterCitrus, por desenvolverem conhecimento, ensino e extensão de qualidade sem nunca deixar de atender os mais simples pedidos de ajuda. Especialmente ao meu orientador Dr. Marcelo Pedreira de Miranda e coorientador Dr. Wellington Ivo Eduardo, pelo ensino, apoio, dedicação e paciência.

A Uniara, por ceder o pomar para a instalação do experimento dessa dissertação.

Aos profissionais que diariamente transformam métodos em pesquisa, empenhando-se com afinco nesse trabalho: Moacir Célio Vizoni, João Henrique Gandini Júnior, Olavo de Santis Bianchi, Ricardo Alessandro Teodoro, Felipe Marinho Martini, Rafael Brandão Garcia e Clara Yalexty Delgado.

Ao Júlio Cesar Rodrigues pela elaboração dos mapas de dispersão.

A Andrieli Cristina Botácio, pelo auxílio do início ao fim do mestrado e o primor na conclusão das dissertações.

Aos meus estimados colegas de trabalho Reginaldo Leite dos Santos, Felix Moacir de Lima Junior, Felipe Matheus Neves da Silva Alvim, Fernando de Pietro Franco Zorzenon, Marcio Emilio de Oliveira Lopes, Marcio Beletti, Maria Evelyn Martineli, Isabel Francisca da Silva, Cristiane de Lara Silva, Andressa Santos Silva, Eliane Aparecida de Oliveira, Elisangela Pereira Lima Gica, Mayara Maris Santos Valadão e Bruna Nascimento Bezerra por se adaptarem inúmeras vezes e me apoiarem sem questionamentos durante a realização do mestrado.

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

“1. (...) Aquele que primeiro chegar ao campo de batalha e esperar pela chegada do inimigo estará mais preparado para a luta.

Aquele que for o segundo no campo de batalha e tiver que se apressar ao combate chegará exausto.

2. Portanto, o combatente inteligente impõe sua vontade sobre o inimigo, mas não permite que a vontade do inimigo seja imposta sobre ele.”

Sun Tzu, A Arte da Guerra

Estratégia repele-atrai e mata para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Autor: Ana Caroline Silva

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientador: Dr. Wellington Ivo Eduardo

Resumo

O psilídeo-asiático-do-citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), está diretamente relacionado à dispersão do HLB nas principais regiões produtoras de citros do mundo. O manejo deste inseto vetor é realizado principalmente por meio do controle químico. Táticas mais sustentáveis como aplicações de caulim processado e o uso de plantio-isca letal a insetos-pragas vêm apresentando resultados promissores em pesquisas de laboratório e campo. No entanto, a estratégia repele-atrai e mata associando estas duas táticas ainda não foi avaliada. Dessa forma, o objetivo primário desse trabalho foi avaliar o efeito da associação do plantio-isca de *Bergera koenigii* L. e caulim processado na redução da dispersão e quantidade de adultos de *D. citri* em pomar jovem de citros em brotação; secundariamente, avaliar o plantio-isca de *B. koenigii* e caulim processado utilizados separadamente. Para tanto foi utilizado o método de marcação e liberação de insetos com pós fluorescentes em um pomar jovem de laranja 'Valência' (*Citrus × aurantium* L., syn. *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). O experimento foi conduzido em delineamento em blocos com as parcelas casualizadas, com quatro tratamentos: 1) Plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida sistêmico (thiamethoxam); 2) Aplicação de caulim processado nas plantas de citros; 3) Aplicação de caulim processado nas plantas de citros associado com o plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida sistêmico; 4) Controle (sem aplicação de caulim e sem o uso do plantio-isca). O número de psilídeos marcados observados nas plantas de citros e do plantio-isca e a quantidade de brotos por planta de citros foram avaliados com um, três e sete dias após a liberação dos psilídeos. O efeito do inseticida sistêmico aplicado nas plantas de *B. koenigii* também foi avaliado por meio da mortalidade dos adultos de *D. citri* confinados em plantas tratadas e não tratadas com um, três e sete dias após o confinamento. O inseticida thiamethoxam aplicado nas plantas de *B. koenigii* foi eficaz no controle de *D. citri* (mortalidade > 90%). Em geral, observou-se que o plantio-isca de *B. koenigii* e caulim processado com concentração reduzida, quando utilizados separadamente ou em associação (estratégia repele-atrai e mata), foram efetivos em reduzir a dispersão e a quantidade de *D. citri* que pousaram em pomar jovem de citros em brotação. Interessantemente, também se observou uma interação sinérgica entre o uso do plantio-isca associado com as aplicações de caulim processado na redução da dispersão de *D. citri* comparada com as demais táticas quando utilizadas separadamente.

Palavras-chave: Plantio-isca, *Bergera koenigii*, caulim processado, manejo do HLB, psilídeo-asiático-dos-citros.

Push-pull and kill strategy for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) control

Author: Ana Caroline Silva

Advisor: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Co-advisor: Dr. Wellington Ivo Eduardo

Abstract

The Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), is directly related to HLB dispersion in the main citrus producing regions worldwide. The management of this insect vector is mainly carried out through chemical control. More sustainable tactics such as applications of processed kaolin and the use of lethal trap crops to insect pests have shown promising results in laboratory and field researches. However, the push-pull and kill strategy associating these two tactics has not yet been assessed. Thus, the primary objective of this work was to assess the effect of trap crop with *Bergera koenigii* L. in association with processed kaolin in reducing the dispersion and quantity of *D. citri* adults in a young citrus orchard in flushing period; secondly, to assess the trap crop with *B. koenigii* and processed kaolin with reduced concentration separately. For this purpose, the method of marking and releasing insects with fluorescent powders was used in a young orange grove of 'Valencia' cultivar (*Citrus × aurantium* L., syn. *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). The experiment was conducted in a block design with randomized plots, with four treatments: 1) *B. koenigii* as a trap crop treated with systemic insecticide (thiamethoxam); 2) Application of processed kaolin on citrus plants; 3) Application of processed kaolin on citrus plants associated with *B. koenigii* as a trap crop treated with systemic insecticide. 4) Control (without application of processed kaolin and the use of trap crop). The number of marked psyllids on citrus plants and *B. koenigii*, and the number of flushing shoots per citrus plant were assessed one, three and seven days after psyllid releasing. The effect of the systemic insecticide application on *B. koenigii* plants was also assessed by the mortality rate of *D. citri* adults confined in treated and untreated plants, one, three, and seven days after confinement. The insecticide thiamethoxam applied to *B. koenigii* plants was effective in the *D. citri* control (mortality > 90%). In general, it was observed that *B. koenigii* as a trap crop and processed kaolin with reduced concentration, used separately or in association (push-pull and kill strategy), were effective in reducing the dispersion and the quantity of *D. citri* that settled on a young flushing citrus orchard. Interestingly, there was also a synergistic interaction between the use of trap crop associated with the applications of processed kaolin in reducing *D. citri* dispersion compared with other tactics used separately.

Keywords: Trap crop, *Bergera koenigii*, kaolin, HLB management, Asian citrus psyllid.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1 Área, delineamento experimental e tratamentos.....	8
2.2 Marcação e liberação de <i>Diaphorina citri</i>	10
2.3 Avaliação visual de adultos de <i>Diaphorina citri</i> , mortalidade dos psílídeos no curry e quantidade de brotos por planta.....	11
2.4 Análise estatística dos dados	12
3. RESULTADOS	13
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25
ANEXO	33

1. INTRODUÇÃO

Com uma área de 4,47 milhões de hectares, produção de 75 milhões de toneladas (FAO, 2020) e o suco mais consumido no mundo (Markestrat, 2016), a laranja possui grande relevância para a citricultura e economia global. Neste cenário o Brasil se destaca como maior produtor de laranja e do suco de laranja do mundo, representando aproximadamente 37% e 50% de toda produção mundial, respectivamente (Neves & Trombin, 2017; USDA, 2020), em uma área de 407.776 hectares do cinturão citrícola de São Paulo e região do triângulo e sudoeste de Minas Gerais (Fundo de Defesa da Citricultura et al., 2020). Apenas com a venda de suco de laranja (FCOJ Equivalente a 66° Brix) na safra 2019/20, o setor citrícola movimentou cerca de 1,751 bilhões de dólares (Citrus BR, 2020), influenciando diretamente a geração de empregos e o desenvolvimento social e econômico dos municípios brasileiros produtores de laranja (Neves & Trombin, 2017).

Embora hoje na supracitada posição de destaque, a citricultura brasileira enfrenta consecutivos desafios fitossanitários. Dentre eles o Huanglongbing (HLB), também conhecido como *greening*, é uma doença reportada pela primeira vez na China em 1919 e que se disseminou por todo o mundo nas décadas seguintes, alcançando o auge no século XXI quando relatado no continente americano (Bové, 2006). Nas américas, as bactérias de floema *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Clas) e *Candidatus Liberibacter americanus* (Clam) estão associadas ao HLB (Bové, 2006). Considerada a doença mais destrutiva da citricultura mundial, o HLB afeta drasticamente o sistema produtivo dos citros. Após a infecção, a planta pode apresentar vários sintomas como: folhas assimetricamente mosqueadas e deformadas, com nervuras amarelas, proeminentes e corticosas, amarelecimento e depauperamento de ramos, aumento da queda de frutos, que são geralmente menores e assimétricos, além de abortarem as sementes (Girardi et al., 2011). Quanto ao aspecto qualitativo, frutos sintomáticos apresentam maior acidez e menor porcentagem de suco, °Brix, sólidos solúveis e ratio (Bassanezi et al., 2009); adicionalmente, maiores teores de metabólitos secundários produzidos pelas plantas, como os monoterpenos, contribuem para que o suco seja de qualidade notoriamente inferior (Dala-Paula et al., 2019). Todos esses sintomas levam à redução da produtividade, qualidade dos frutos, longevidade e sustentabilidade do pomar e podem culminar na completa inviabilização da atividade citrícola regional (McClean & Schwarz, 1970; Bové, 2006).

Em levantamento do Fundo de Defesa da Citricultura, o HLB foi a principal doença a causar queda de frutos no cinturão citrícola, responsável por 4,39% de queda na safra 2019/20

(Fundo de Defesa da Citricultura, 2020a). Nessa região, em 2008, 0,61% das laranjeiras estavam infectadas, atingindo 20,87% das laranjeiras em 2020 (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020b). Na Flórida, principal concorrente comercial do Brasil na exportação de suco de laranja, estima-se que em média 90% dos pomares cítricos estejam com HLB (Singerman & Useche, 2016), o que levou a uma redução de 72,2% da produção de laranja para a indústria (Dala-Paula et al., 2019).

Ambas as bactérias, *Clas* e *Clam*, são transmitidas pelo psilídeo-asiático-dos-citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (McClellan & Oberholzer, 1965; Capoor et al., 1967; Yamamoto et al., 2006). Este hemíptero de origem asiática foi observado no Brasil como uma praga secundária dos citros desde 1942 (Costa Lima, 1942). No entanto, após o registro de *Clas* no estado de São Paulo em 2004 (Coletta-Filho et al., 2004), tornou-se praga chave da cultura no país. Nas plantas cítricas o *D. citri* preferencialmente se estabelece em brotações, onde encontra condições mais adequadas para alimentação (Yang et al., 2013), oviposição e desenvolvimento (Cifuentes-Arenas et al., 2018). Os danos diretos ocasionados por este inseto-vetor ocorrem significativamente apenas em altas populações, podendo ocasionar deformidades e queda das folhas e ramos e a morte de brotações, todos causados pela injeção de toxinas após a alimentação de adultos e ninfas (Halbert & Manjunath, 2004; Michaud, 2004). Contudo, a maior importância de *D. citri* deve-se a transmissão da bactéria *Ca. Liberibacter* spp. (Halbert & Manjunath, 2004).

Embora a fase adulta de *D. citri* seja a mais importante para a dispersão da bactéria devido à sua capacidade de movimentação a longas distâncias (Lewis-Rosenblum et al., 2015), ninfas de *D. citri* são mais eficientes do que os adultos na aquisição da *Clas* e *Clam* (Pelz-Stelinski et al., 2010; Lopes et al., 2015). Após um período de latência ao redor de 16 dias (Canale et al., 2017), psilídeos adultos podem inocular o patógeno em plantas de citros sadias após 15 minutos de alimentação; o mesmo período mínimo é necessário para adquiri-lo previamente (Capoor et al., 1974). Embora seja observada grande variação na eficiência de transmissão da bactéria *Clas* por *D. citri* (1 a 100%) (Capoor et al., 1974; Xu et al., 1988; Pelz-Stelinski et al., 2010), sabe-se que no vetor esta bactéria é circulativa e possui transmissão do tipo propagativa persistente, persistindo mesmo após a ecdise (Hung et al., 2004; Inoue et al., 2009). Nesse caso, apenas um inseto infectado não controlado é capaz de inocular a bactéria em várias plantas.

A dispersão do psilídeo entre plantas infectadas e sadias está diretamente relacionada à disseminação do HLB (Boina et al., 2009). Adultos de *D. citri* são capazes de voar por curtas e longas distâncias a procura de plantas hospedeiras, como 5 a 12 m (Kobori et al., 2011), 60 a

100 m (Boina et al., 2009; Tomaseto et al., 2016) e distâncias superiores a 2,3 Km (Martini et al., 2013). Ao estudar a dispersão de *D. citri* empregando uma tecnologia de marcação proteica *in situ*, Lewis-Roseblum et al. (2015) observaram que o vetor foi capaz de percorrer distância equivalente a 2 Km em 12 dias, transpondo barreiras como estradas e áreas de pouso. Também foi observada a intensificação do movimento dos insetos nos meses da primavera e verão (Lewis-Roseblum et al., 2015). No Brasil, buscando compreender os fatores que influenciam a dispersão de *D. citri* nos pomares do estado de São Paulo, Zorzenon et al. (2020) observou uma maior dispersão durante o final do inverno e primavera e relacionou a redução da umidade relativa do ar ao aumento da captura de insetos em armadilhas. Além disso, foi observado que após um período de 3-4 semanas de chuvas ocorre a emissão do fluxo vegetativo e o consequente aumento populacional do psilídeo.

No Brasil o manejo do HLB se baseia, principalmente, em três medidas: o plantio de mudas saudáveis, a erradicação de plantas sintomáticas e o controle do inseto vetor (Bové, 2006). O objetivo é prevenir a infecção e disseminação do HLB uma vez que não existem métodos curativos ou plantas resistentes à doença (Belasque Jr. et al., 2010; Bassanezi et al., 2020). Especificamente quanto à epidemiologia, existem dois possíveis tipos de infecção: a primária, que ocorre quando um vetor traz o patógeno de um pomar infectado ou de uma planta hospedeira a um pomar sadio; e a secundária, quando um vetor transmite o patógeno de uma planta infectada a uma planta sadia dentro de um mesmo pomar (Bergamin-Filho et al., 2016).

Como principais entraves na redução da infecção primária do HLB estão a necessidade de esforços constantes dentro e fora da fazenda para limitar a entrada e movimentação do psilídeo na propriedade (Ayres et al., 2018; Bassanezi et al., 2020) e a elevada dependência por inseticidas químicos (Bassanezi et al., 2013), sendo este um dos principais responsáveis pelo comprometimento do equilíbrio ecológico e do evidente aumento nos custos de produção da citricultura. Embora o controle químico seja muito eficiente na redução da população de insetos vetores dentro de um pomar, mesmo com aplicações corretas e intensivas de inseticidas não é possível eliminar toda a ocorrência de infecção primária do HLB. Isso porque, além das plantas de citros vegetarem várias vezes durante o ano, a eficácia dos inseticidas é menor em brotações (De Carli et al., 2018) e a taxa de transmissão da Clas pelo *D. citri* é maior nessas estruturas vegetais em relação aos ramos maduros (Hall et al., 2016). Além disso, nem todos os inseticidas agem antes que o psilídeo “imigrante” inocule a bactéria em uma planta sadia (Belasque Jr. et al., 2010). Por conseguinte, uma tática de controle complementar aos inseticidas que seja efetiva na proteção dos brotos jovens contra o ataque desse psilídeo é muito importante para minimizar a disseminação do HLB.

Dentre as táticas de manejo do psílídeo conhecidas, o controle físico por meio de aplicações de caulim processado surge como uma opção promissora. Na agricultura, o produto mais utilizado é um silicato de alumínio branco, não abrasivo e com granulometria pequena ($\approx 1 \mu\text{m}$) que, após o processo de formulação, se dispersa facilmente em água permitindo sua pulverização (Glenn et al., 1999; Puterka et al., 2000). Se destaca o seu uso para o manejo de pragas e doenças em diversas culturas, como observado no controle do “psílídeo-da-pera” (*Cacopsylla pyricola* Foerster (Hemiptera: Psyllidae)) e da entomosporiose (*Fabraea maculata* Atk.) (Puterka et al., 2000) em plantio comercial de pera; da cigarrinha *Homalodisca coagulata* Say (Hemiptera: Cicadellidae) vetora de *Xylella fastidiosa* em videiras (Tubajika et al., 2007); do “psílídeo-da-batata-e-tomate” (*Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Psyllidae)) para tomate em estufa (Peng et al., 2010) e da “mosca-da-azeitona” (*Bactrocera oleae* Rossi (Diptera: Tephritidae)) na produção de oliveiras (Pascual et al., 2010).

Resultados satisfatórios da aplicação de caulim processado também foram observados na citricultura para o controle das moscas-das-frutas *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) (Lo Verde et al., 2011) e *Anastrepha fraterculus* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) (Ourique et al., 2019), assim como para o inseto vetor *D. citri* (Hall et al., 2007; Miranda et al., 2018). Nos Estados Unidos, pulverizações mensais de caulim (3%) em citros reduziram em 78 e 69% da população de ninfas e adultos de *D. citri*, respectivamente (Hall et al., 2007). Na Colômbia, aplicações de caulim (5%) reduziram aproximadamente 50% dos ovos, ninfas e adultos deste psílídeo (Ramírez-Godoy et al., 2018). No Brasil, pulverizações preventivas de caulim a 3% reduziram até 98% dos adultos de *D. citri* que foram encontrados em um pomar de laranja doce (Miranda et al., 2018).

A redução da população de insetos-pragas nas plantas pulverizadas com caulim processado está relacionado aos vários mecanismos de ação desse silicato de alumínio. Glenn et al. (1999) relatam que as partículas do caulim podem aderir ao corpo dos insetos prejudicando sua locomoção, oviposição e permanência na superfície foliar. Glenn & Puterka (2005) apontam que o caulim pode afetar de forma tátil e visual o comportamento de insetos pragas. Sharma et al. (2015) relatam que o caulim pode camuflar as plantas tornando-as menos atrativas para alguns insetos pragas. Uma vez que um dos principais sentidos usados por *D. citri* para seleção hospedeira é a visão (Miranda et al., 2015; Volpe et al., 2020), a aplicação de caulim processado pode interferir negativamente neste processo. Além disso, foi demonstrado que o caulim processado apresenta um efeito repelente sobre *D. citri* e também interfere no processo de alimentação deste inseto, reduzindo tanto o número de insetos com acesso ao floema, como o período em que estes permanecem se alimentando no tecido (Miranda et al., 2018). Uma vez

que a inoculação de *Clas* está diretamente relacionada à salivação do psilídeo dentro do floema (Wu et al., 2016), além da redução da entrada de psilídeos nos pomares, a aplicação de caulim processado nos citros pode ser uma estratégia para reduzir a inoculação de *Clas* por *D. citri*.

Por sua vez, o plantio-isca, também conhecido como cultura-armadilha, é mantido em áreas próximas às culturas de importância econômica para atrair, desviar, interceptar e/ou reter insetos-pragas que poderiam causar prejuízos a essas culturas de interesse (Shelton & Badenes-Perez, 2006). Dessa forma o plantio-isca age como uma barreira que atrai os insetos-pragas para suas estruturas vegetais, onde o manejo pode ser realizado de forma mais eficiente e facilitada. Além disso, as culturas-armadilhas podem ainda ser associadas com inseticidas químicos para aumentar sua eficácia. Como princípio fundamental dessa tática é preciso existir diferença entre a preferência do inseto-fitófago pelo plantio-isca em relação à cultura principal (Hokkanen, 1991; Shelton & Badenes-Perez, 2006).

Ao avaliar o efeito da manutenção de plantas companheiras em casa-de-vegetação no controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), Ribeiro et al. (2014) observaram preferência de oviposição da mariposa em plantas de braquiária ruziziensis e nabo forrageiro em detrimento às plantas de milho, indicando o potencial de uso dessas plantas como armadilhas em um sistema de manejo integrado deste lepidóptero. Na cultura do citros, Tomaseto et al. (2016) mostraram em estudo de campo que a utilização de barreiras de *Murraya paniculata* (L.) Jack, uma rutácea hospedeira de *D. citri*, pode ser uma tática viável a ser incorporada no atual manejo do HLB uma vez que menos psilídeos foram observados quando liberados em áreas experimentais contendo o plantio-isca de murta. Em estudo posterior, Tomaseto et al. (2019) observaram redução no número de psilídeos capturados e na ocorrência de HLB em parcelas com o plantio-isca de *M. paniculata* em um pomar jovem de laranjeira 'Hamlin' (*Citrus x aurantium* L., syn. *Citrus sinensis* (L.) Osbeck), evidenciando o potencial da estratégia na atração do inseto vetor e na redução da infecção primária da doença.

O curry, *Bergera koenigii* L. é outra rutácea hospedeira de *D. citri* (Westbrook et al., 2011; Teck et al., 2011) com potencial para ser utilizada como plantio-isca no manejo do psilídeo. Nativa do sul da Ásia, a *B. koenigii* é um arbusto ou pequena árvore de até 6 m, conhecida principalmente por sua utilização na culinária e medicina asiática (Shruthi et al., 2012). Possui tronco curto, de 15 a 40 cm de diâmetro; suas folhas possuem de 2,5 a 3,5 cm de comprimento, sendo compostas, aromáticas e serrilhadas irregularmente, cada uma contendo de 11 a 25 folíolos lanceolados. As flores são brancas, também aromáticas e pequenas (características das plantas rutáceas), e os frutos, comestíveis, são globosos, pequenos e pretos

quando maduros (Gahlawat et al., 2014). O potencial uso de *B. koenigii* como plantio-isca para o manejo de *D. citri* foi demonstrado por Beloti et al. (2017), que concluiu que esta rutácea é mais atrativa ao *D. citri* em detrimento ao citros por apresentar voláteis mais atrativos ao inseto. Além disso, a planta de *B. koenigii* apresenta a vantagem de não hospedar a bactéria *Clas* (Beloti et al., 2018), diferentemente da *M. paniculata*, hospedeira transiente dessa bactéria (Cifuentes-Arenas et al., 2019).

A associação da aplicação de caulim processado e do plantio-isca tratado com inseticida consiste em uma estratégia de Manejo Integrado de Pragas (MIP) mais complexa, que pode ser chamada de repele-atraí e mata ou “*push-pull and kill*”. Essa estratégia é realizada com um plantio-isca letal aos insetos-pragas, obtido por meio do tratamento com inseticidas sistêmicos ou do uso de plantas armadilhas propriamente letais às pragas, que permite um manejo de pragas mais holístico e sustentável. É similar a estratégia *push-pull*, conhecida por combinar, simultaneamente, estímulos de repelência a plantas hospedeiras comerciais aos de atração das plantas armadilhas visando manipular o comportamento de pragas para concentrá-las e facilitar a sua eliminação (Cook et al., 2007).

A estratégia repele-atraí e mata, além de combinar estímulos de atração e repelência e possivelmente otimizá-los, também apresenta a vantagem de reduzir a pressão de seleção de pragas resistentes a controles químicos e genéticos e de permitir um controle mais sustentável mesmo em situações com intensos problemas de pragas (Miller & Cowles, 1990). Ao avaliarem o uso de semioquímicos no controle do gorgulho-da-ervilha-e-feijão, *Sitona lineatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), Smart et al. (1994) observaram que populações deste coleóptero podem ser manipuladas com a estratégia repele-atraí associando a emissão do feromônio de agregação do coleóptero com a aplicação de uma formulação de óleo de nim, *Azadirachta indica* A. Juss, em plantas de feijão comum, *Phaseolus vulgaris* (L.) para a redução dos danos causados por larvas e adultos.

Buscando reduzir a resistência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas, Duraimurugan & Regupathy (2005) avaliaram a estratégia repele-atraí e mata associando o uso de plantas armadilhas tratadas com inseticida e plantas de algodão tratadas com um produto a base do óleo de *A. indica* e observaram que a estratégia é altamente eficaz para reduzir a incidência e os danos deste lepidóptero aos frutos de algodão, além de ajudar a reduzir a seleção de lagartas resistentes aos piretroides sintéticos.

Midega et al. (2018) avaliaram o sistema de cultivo *push-pull* para o controle de *S. frugiperda* na produção agroecológica de milho no Leste da África. No sistema, a cultura de milho foi consorciada com a de *Desmodium intortum* (Mill.) Urb., planta repelente às mariposas

e atrativas aos seus inimigos naturais, e simultaneamente acompanhada pelo plantio-isca de borda com a *Brachiaria* cv Mulato II, planta atrativa à *S. frugiperda* e letal ao noctuídeo. No campo, os semioquímicos liberados por ambas as espécies alternativas exerceram as funções esperadas, promovendo redução do número de lagartas e nos danos nas plantas de milho, além do aumento da produtividade da cultura comercial.

Visto a necessidade do controle mais eficiente e sustentável de *D. citri* e os potenciais resultados obtidos com a aplicação do caulim processado e plantio-isca na citricultura, espera-se que ao utilizar simultaneamente essas estratégias haja uma interação sinérgica, culminando em uma eficácia superior às táticas utilizadas separadamente. Isso porque, enquanto o caulim processado pode exercer a função de camuflar, repelir e ou dificultar o estabelecimento do psilídeo migrante nas plantas de um pomar de citros (Miranda et al., 2018), o plantio-isca, funcionaria como uma “barreira” atrativa e letal ao psilídeo antes deste alcançar as plantas do pomar (Tomaseto et al., 2019). Diante deste cenário, o objetivo primário desse trabalho foi avaliar o efeito da associação do plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida e do caulim processado (estratégia repele-atrai e mata) na redução da dispersão e quantidade de adultos de *D. citri* observados em pomar jovem de citros em brotação; secundariamente, avaliar o plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida e caulim processado com concentração reduzida utilizados separadamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área, delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi realizado de novembro de 2019 a novembro de 2020 em um pomar de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre citrumeleiro Swingle [*Citrus paradise* Macf. × *Poncirus trifoliata* L. (Raf.)] inicialmente com sete meses de idade, plantado no espaçamento 5 × 2 m e com irrigação por gotejamento, no município de Araraquara, São Paulo, Brasil (21,71500°S, 48,20083°O). A área experimental foi de 2.400 m² divididos em quatro parcelas de 20 × 30 m; cada parcela foi composta por sete ruas de 10 plantas cítricas, totalizando 70 plantas por parcela (Figura 1). Para favorecer uma emissão homogênea de brotações, 10 dias antes de cada liberação de psilídeos, todas as plantas de citros foram podadas com o auxílio de tesouras de poda, permanecendo com aproximadamente um metro de altura durante todo o experimento.

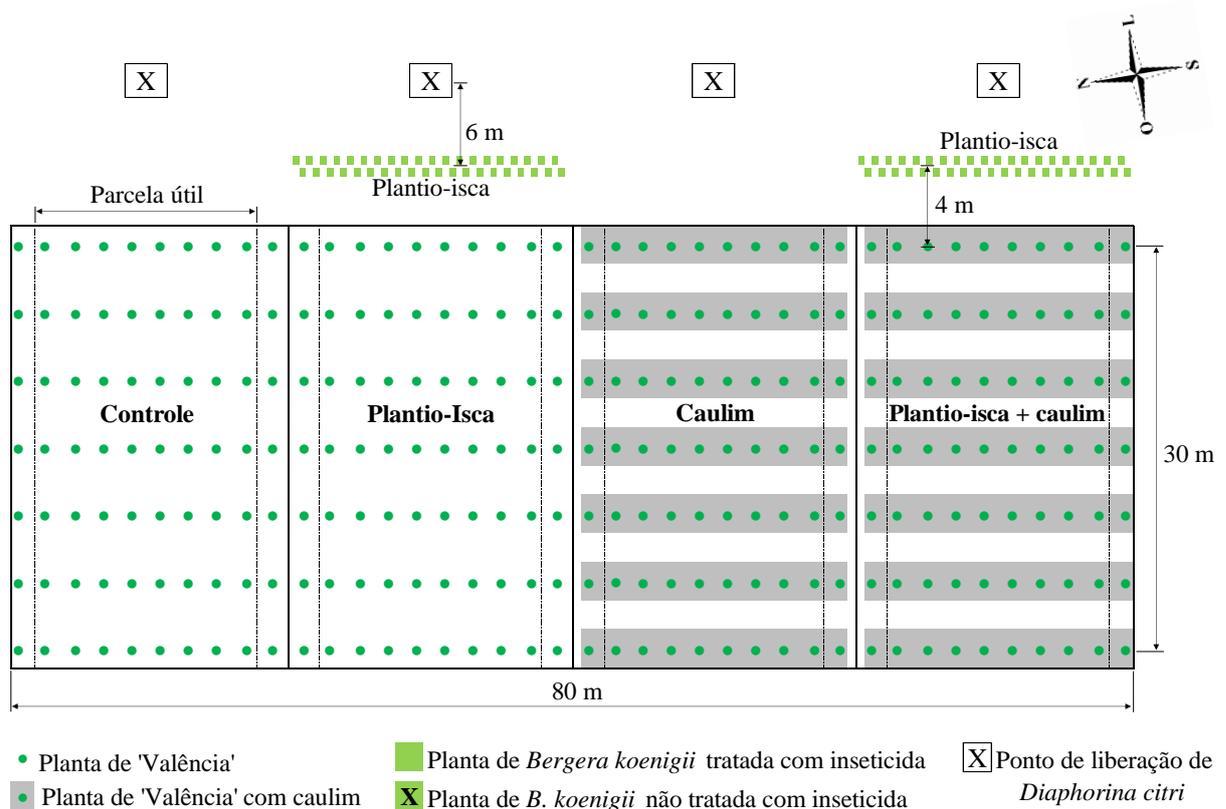


Figura 1. Representação esquemática de um bloco da área experimental utilizada para avaliar a estratégia repele-atrai e mata associando a aplicação do caulim processado em plantas de laranjeira ‘Valência’ e o plantio-isca de *Bergera koenigii* tratado com inseticida em bordadura no manejo de *Diaphorina citri* em um pomar jovem de citros. Araraquara, SP, Brasil.

O delineamento utilizado foi de blocos com parcelas casualizadas com quatro tratamentos: 1) aplicação de caulim processado (Surround WP[®], 99,4%; Tessenderlo Kerley Inc., Phoenix, AZ, USA) nas plantas de citros; 2) presença de plantio-isca de *B. koenigii*; 3) aplicação de caulim processado nas plantas de citros e presença de plantio-isca de *B. koenigii*; e 4) controle (área sem aplicação de caulim processado nas plantas de citros e sem plantio-isca). Os seis blocos do experimento foram realizados separadamente ao longo do tempo, em nov/2019, dez/19, fev/20, ago/20, set/20 e out/20.

Em cada bloco, as plantas de citros das parcelas destinadas a receber a aplicação de caulim processado foram pulverizadas duas vezes, conforme recomendação do fabricante. A primeira aplicação foi realizada sete dias antes da liberação dos insetos, em solução de 2%, enquanto a segunda aplicação ocorreu no dia da liberação dos insetos em solução de 1,5%. A pulverização foi realizada por meio de um atomizador costal a gasolina Stihl SR420 (STIHL Ferramentas Motorizadas Ltda, São Leopoldo, RS, Brasil) até o início do ponto de escorrimento.

O plantio-isca foi formado por mudas de *B. koenigii* plantadas em vasos de 18 L com substrato de fibra de coco (Amafibra Golden Mix Misto[®], Artur Nogueira, SP, Brasil). As plantas foram podadas a 1 m de altura e imediatamente tratadas com o inseticida sistêmico thiamethoxam (Actara 250 WG, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., Paulínia, SP, Brasil) na dose 0,31g ingrediente ativo planta⁻¹, 21 dias antes da liberação dos insetos. A aplicação, via *drench*, foi realizada com o volume de calda de 50 mL de água planta⁻¹. As plantas de *B. koenigii* vegetando (brotos com aproximadamente 3 cm de comprimento) foram dispostas então em fileira dupla e intercalada de vasos no espaçamento de 0,2 × 0,2 m, alocadas a seis metros do ponto de liberação de insetos e a quatro metros da primeira planta de citros na parcela.

Para verificar a eficácia do inseticida sistêmico na mortalidade de *D. citri*, foi realizado, simultaneamente a cada liberação de psilídeos, o confinamento de psilídeos adultos (10 a 15 dias de idade) em um grupo extra de 10 plantas de *B. koenigii*, sendo cinco tratadas com thiamethoxam (utilizando a mesma dose descrita acima) e cinco não tratadas. Grupos de 10 psilídeos (repetição) foram confinados por meio de gaiola de tunil (40 x 40 x 40 cm) em cada planta de *B. koenigii*. Essas plantas estavam ao fundo da área experimental, a três metros de distância da última rua de citros.

2.2 Marcação e liberação de *Diaphorina citri*

A marcação dos psilídeos com pós fluorescentes foi realizada conforme procedimento descrito por Nakata (2008). Neste trabalho foram utilizados psilídeos adultos (10 a 15 dias de idade) coletados de uma colônia livre de *Clas* iniciada em 2009 e mantida em plantas de *M. paniculata* em casa-de-vegetação no Fundecitrus (Araraquara, SP, Brasil). Aproximadamente 72 h antes de cada liberação, os psilídeos foram agrupados em lotes de 50 insetos dentro de tubos Falcon de 50 mL contendo aproximadamente 10 mg de pó fluorescente pigmentante (Day-Glo Color Corp., Cleveland, OH, USA). Os tubos Falcon foram movimentados delicadamente até ocorrer a coloração uniforme dos psilídeos pelo pó fluorescente (Figura 2A). Quatro cores de pó fluorescente foram utilizadas, *Aurora Pink* (rosa), *Horizon Blue* (azul), *Saturn Yellow* (amarelo) e *Fire Orange* (laranja), sendo uma para cada tratamento; ressalta-se que as cores dos psilídeos liberados em cada tratamento foram casualizadas em cada bloco.

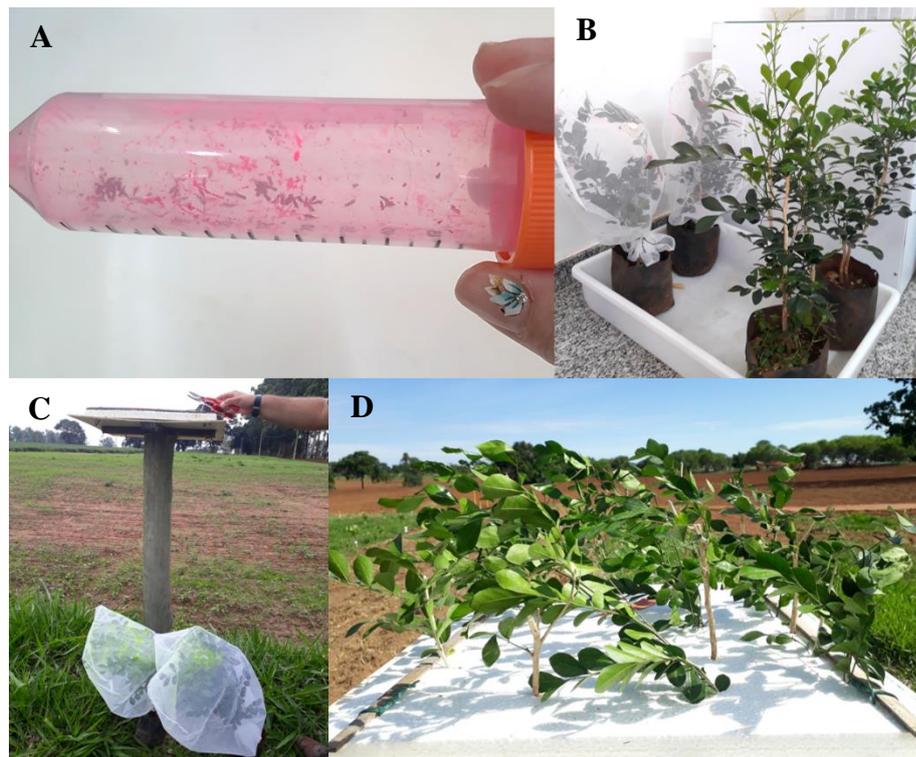


Figura 2. Tubo falcon de 50 mL com pó fluorescente utilizado para a marcação de adultos *Diaphorina citri* (A); mudas de *Murraya paniculata* utilizadas para aclimação dos psilídeos marcados (B); mudas de *M. paniculata* com psilídeos marcados confinados nas gaiolas de tunil no ponto de liberação antes da poda (C); ramos podados de *M. paniculata* com os psilídeos marcados fixados na placa de isopor do ponto de liberação (D).

Os insetos coloridos foram então confinados por gaiolas de tunil (40 x 40 x 40 cm) em mudas de *M. paniculata* para aclimação (Figura 2B). Após as 72 h, os insetos foram liberados

no campo no período da tarde, aproximadamente às 14 h, horário de maior atividade do psilídeo (Sétamou et al., 2012; Tomaseto et al., 2018). Para tanto, centralizado na frente de cada parcela foi instalado um ponto de liberação constituído por uma plataforma de madeira (50 x 50 cm e 1,5 m do nível do solo) com uma placa de isopor na sua superfície. Cada ponto de liberação foi posicionado a dez metros da primeira planta do pomar e a seis metros do plantio-isca de curry, quando presente. As liberações dos adultos de *D. citri* marcados ocorreram a partir da poda das mudas de *M. paniculata* (Figura 2C) e fixação dos ramos com os insetos marcados nas placas de isopor (Figura 2D), posicionadas em cada ponto de liberação. Para cada parcela foram liberados 1.000 psilídeos/bloco, totalizando 24.000 psilídeos liberados durante o experimento (seis liberações).

2.3 Avaliação visual de adultos de *Diaphorina citri*, mortalidade dos psilídeos no curry e quantidade de brotos por planta

A quantidade de adultos de *D. citri* marcados e pousados nas laranjeiras ‘Valência’ foi avaliada visualmente nas 56 plantas centrais de cada parcela (Figura 1), sendo cada planta considerada uma repetição dentro do bloco. Além das avaliações realizadas nos citros, avaliou-se a quantidade de psilídeos atraídos para o plantio-isca e aqueles que permaneceram nos pontos de liberação. Todas as avaliações ocorreram um, três e sete dias após a liberação (DAL) dos insetos, sempre no período da manhã.

A mortalidade de psilídeos confinados no grupo extra de plantas de *B. koenigii*, também foi avaliada com um, três e sete dias após o confinamento (DAC). Os insetos foram considerados mortos quando não apresentavam movimentos de seus apêndices locomotores (asas e pernas).

Durante a avaliação visual nas plantas de citros, realizou-se também a contagem da quantidade de brotações na planta central de cada rua da parcela, totalizando sete plantas por parcela. A classificação do estágio vegetativo predominante nessas plantas foi realizada de acordo com o guia de fases de desenvolvimento vegetativo da planta de citros do Fundo de Defesa da Citricultura (2018), em Anexo 1.

Os dados de pluviosidade foram coletados durante o experimento em uma estação meteorológica (Vantage Pro2 6152; Davis Instruments, Hayward, CA, USA) instalada a 20 m de distância do pomar experimental.

2.4 Análise estatística dos dados

Os dados da quantidade de psilídeos marcados encontrados nas plantas de citros e nas plantas de *B. koenigii* do plantio-isca, além dos dados da quantidade de brotos nos diferentes tempos, foram submetidos a análises de medida repetidas usando modelos generalizados lineares mistos (GLMMs) do pacote lme4 com distribuição de Poisson. Para os dados da taxa de mortalidade dos psilídeos confinados nas plantas de *B. koenigii* foi utilizada a mesma análise de medida repetida usando GLMMs do pacote lme4 com distribuição Binomial. Para todas essas variáveis, o efeito das variáveis exploratórias (tratamentos) e o tempo (dias após a liberação que as plantas foram avaliadas) foram considerados como fatores fixos, enquanto a medida repetida no tempo de psilídeos encontrados em cada planta de citros ou a taxa de mortalidade em cada planta de *B. koenigii* foi considerado um efeito aleatório, assumindo um intercepto diferente para cada tempo. Os efeitos do tratamento no tempo foram avaliados pela razão da verossimilhança entre o modelo completo e o modelo sem o efeito do tratamento ou tempo. O mesmo teste foi usado para verificar a significância da interação do tratamento pelo tempo comparando os modelos, com e sem a interação. Para avaliar o efeito dos tratamentos na quantidade de psilídeos marcados encontrados nas plantas de citros em cada tempo separadamente, utilizou-se modelos lineares generalizados (GLMs) com distribuição de Quasi-Poisson. A qualidade do modelo foi verificado por meio de gráficos meio normais simulados pelo envelope usando o pacote hnp (Demétrio et al., 2014). Quando houve diferença significativa entre os tratamentos realizou-se múltiplas comparações com o teste Tukey ($P < 0,05$) pela função glht do pacote multcomp, com valores da probabilidade ajustados. Para avaliar o efeito dos tratamentos na quantidade de psilídeos marcados encontrados nas plantas de *B. koenigii* em cada tempo foi utilizado o teste T de Student. Por fim para avaliar o efeito da taxa de mortalidade de psilídeos nas plantas de *B. koenigii* em cada tempo utilizou o teste de soma de ranks de Wilcox. Todas as análises foram realizadas usando o software R (The R Foundation, 2019). Os mapas de infestação foram gerados utilizando o software QGIS versão 3.16.0 (QGIS Association, 2020) pelo método da interpolação das distâncias com a média da quantidade de psilídeos encontrados em cada repetição (planta).

3. RESULTADOS

Todas as táticas de manejo avaliadas reduziram o número de adultos de *D. citri* que pousaram nas plantas de citros comparadas com o controle ($\chi^2 = 32,72$; $df = 2$; $P < 0,0001$). Além disso, o período após a liberação dos psilídeos também afetou o número de psilídeos observados nas plantas citros, onde houve um maior número de psilídeos encontrado nas avaliações de três e sete dias após a liberação em relação a um dia após a liberação ($\chi^2 = 25,18$; $df = 2$; $P < 0,0001$). No entanto, não houve interação significativa entre os tratamentos e tempo ($\chi^2 = 4,31$; $df = 3$; $P < 0,2303$). Em relação ao efeito do tratamento em cada tempo, as táticas de manejo avaliadas reduziram o número de psilídeos que pousaram nos citros em relação ao controle em todos os tempos avaliados. Nas avaliações de três e sete DAL houve um menor número de psilídeos observado no plantio-isca + caulim em relação ao plantio-isca isoladamente. DAL: um ($F = 16,94$; $gl = 3$, 1335; $P < 0,0001$); três ($F = 26,08$; $gl = 3$, 1335; $P < 0,0001$) e sete ($F = 34,27$; $gl = 3$, 1335; $P < 0,0001$) (Figura 3).

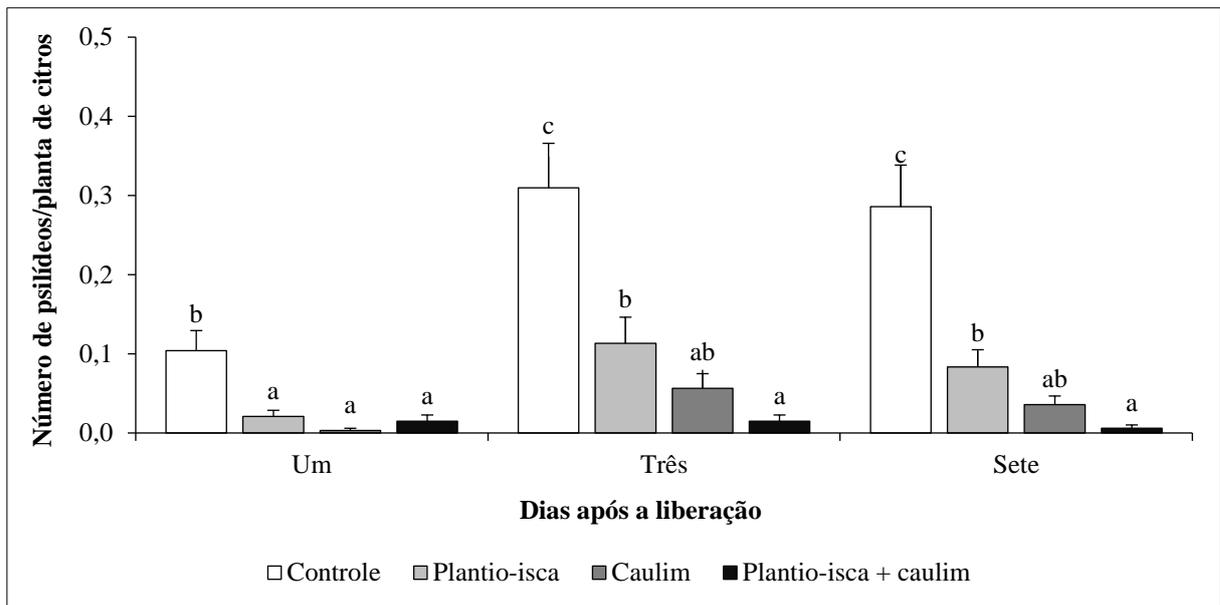


Figura 3. Número (média \pm erro padrão) de adultos marcados de *Diaphorina citri* encontrados por planta de laranjeira ‘Valência’ sob a influência das táticas de manejo (plantio-isca de *Bergera koenigii* tratado com inseticida, caulim processado (2% e 1,5%) e plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida + caulim processado) nas avaliações de um, três e sete dias após a liberação dos psilídeos. Médias seguidas de mesma letra em cada tempo de avaliação não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Nas avaliações realizadas nas plataformas de liberação foi observado que aproximadamente 77% dos psilídeos deixaram as plataformas um DAL, sendo que aos três e

sete DAL 94% e 100% dos psilídeos liberados na área experimental haviam deixado a plataforma, respectivamente. Do total de psilídeos liberados, 1,8, 2,0 e 1,1% foram encontrados nas plantas de citros e *B. koenigii* (plantio-isca) nas avaliações com um, três e sete DAL, respectivamente. Em geral, 70% dos psilídeos encontrados estavam nas plantas de *B. koenigii* do plantio-isca e 30% nas plantas de citros.

O número de adultos de *D. citri* que pousaram nas plantas de *B. koenigii* nos tratamentos com e sem aplicação de caulim não diferiram estatisticamente entre si ($\chi^2 = 0,02$; $df = 1$; $P = 0,8771$). Houve uma significativa redução no número psilídeos marcados observados ao longo das avaliações de um, três e sete DAL dos insetos ($\chi^2 = 117,66$; $df = 1$; $P < 0,0001$; Figura 4). Contudo, não houve interação significativa entre os tratamentos e tempo ($\chi^2 = 0,04$; $df = 1$; $P < 0,8384$).

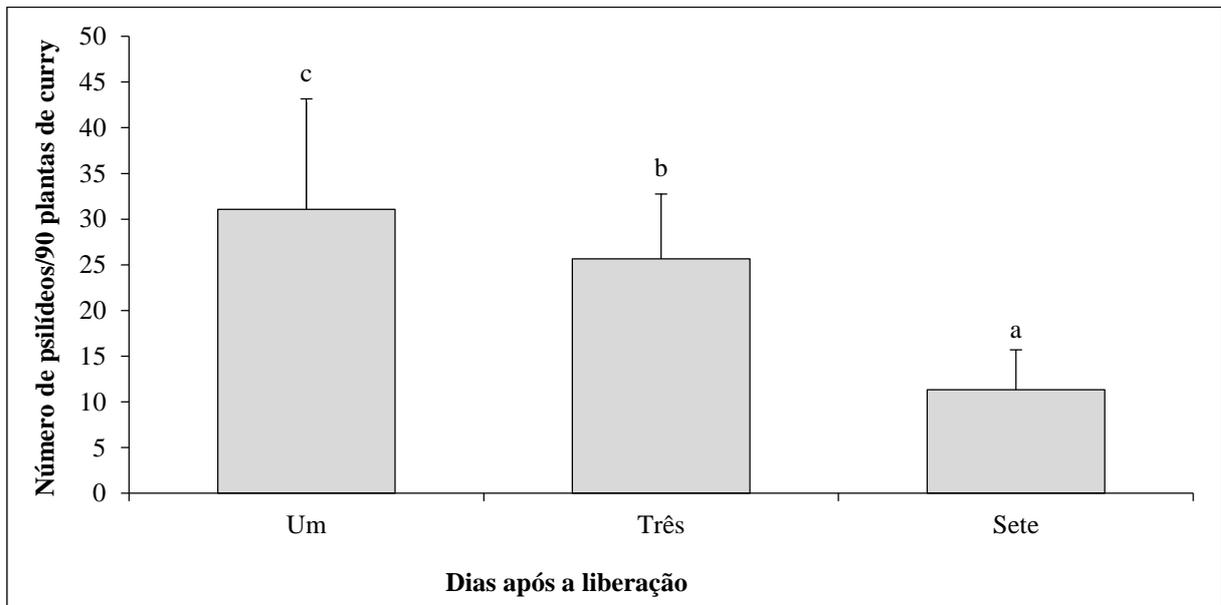


Figura 4. Número (média \pm erro padrão) de adultos marcados de *Diaphorina citri* encontrados em 90 plantas de *Bergera koenigii* tratadas com inseticida nas avaliações de um, três e sete dias após a liberação dos psilídeos. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Nas parcelas em que foram adotadas as táticas de controle houve uma dispersão mais tardia de *D. citri* em comparação ao controle (Figura 5 e 6). No total, durante as avaliações de um, três e sete DAL a maior quantidade de psilídeos que chegaram ao pomar (287 psilídeos/81,5%) foi encontrada na primeira (10 m do ponto de liberação) e segunda (15 m do ponto de liberação) rua das parcelas; desse total 22%, 7% e 4% dos psilídeos foram observados nas parcelas com plantio-isca, caulim, e plantio-isca + caulim, respectivamente, enquanto 67% foram observados no controle (Figura 6). Nas parcelas com a utilização somente do plantio-

isca, foram encontrados psilídeos em todas as ruas do pomar, porém, com uma dispersão mais lenta em relação ao controle (Figura 6). Nas parcelas com a utilização somente do caulim processado, houve uma dispersão mais lenta em relação ao controle e ao plantio-isca utilizado separadamente, sendo que presença de psilídeos na última rua do pomar (40 m do ponto de liberação) foi observada somente no sétimo DAL dos psilídeos, enquanto no controle e plantio-isca separadamente foram observados no primeiro e terceiro DAL, respectivamente (Figura 6). Por outro lado, nas parcelas com a utilização do plantio-isca + caulim, a distância máxima em que foi encontrado um psilídeo foi de 25 m do ponto de liberação (quarta rua do pomar), somente ao sétimo DAL dos psilídeos (Figura 6).

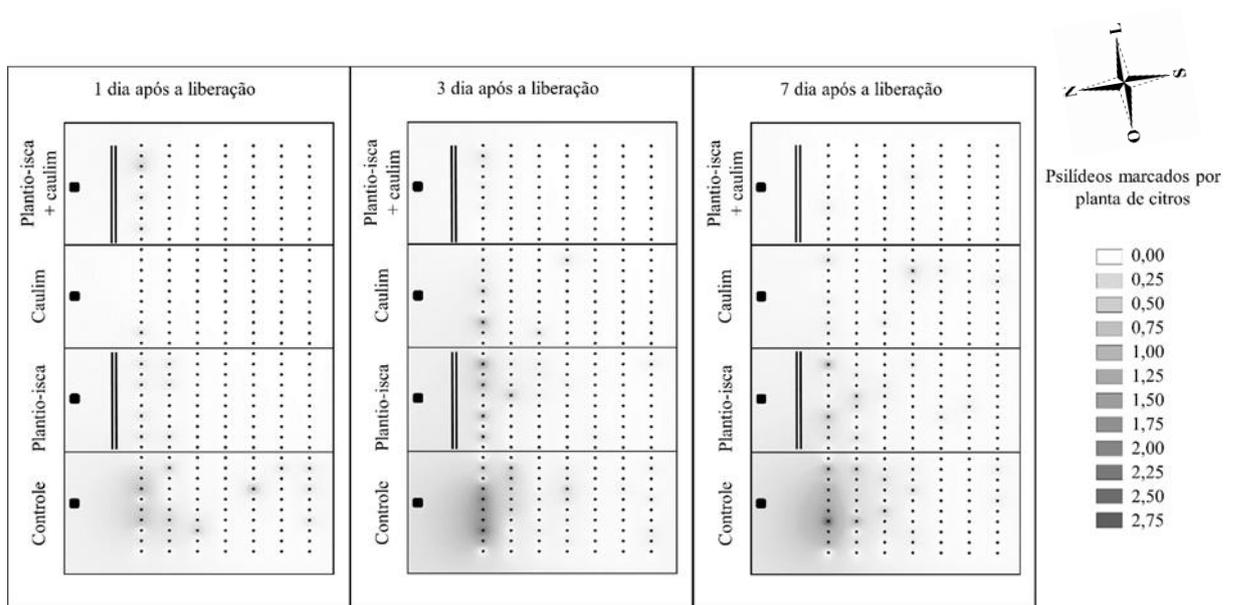


Figura 5. Mapas de infestação de adultos marcados de *Diaphorina citri* nas avaliações de um, três e sete dias após a liberação dos psilídeos. Dados foram obtidos com a média de psilídeos/planta encontrados nas plantas de citros nos seis blocos, sendo os tratamentos fixados nas parcelas de forma ilustrativa. Os quadrados pretos do lado esquerdo do mapa representam os pontos de liberação dos psilídeos. As duas linhas paralelas do lado esquerdo do mapa representam o plantio-isca com plantas de *Bergera koenigii* tratadas com inseticida. Os círculos pretos representam as plantas de citros. Os quatro retângulos paralelos representam as parcelas com os tratamentos.

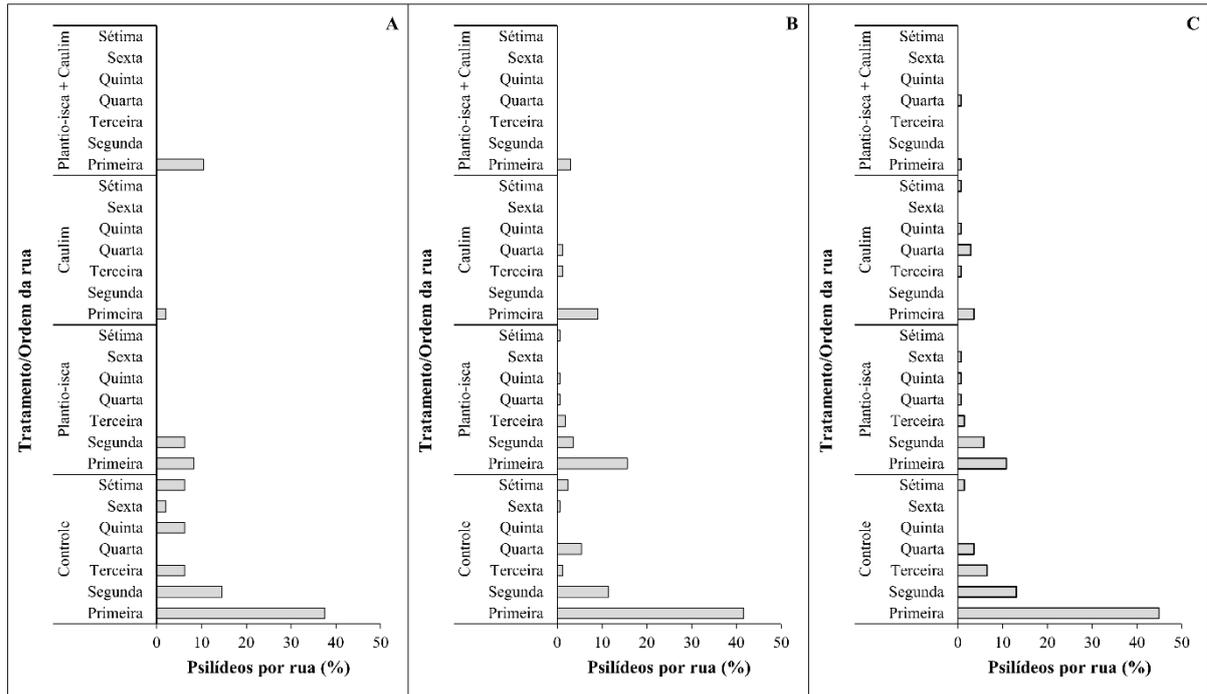


Figura 6. Proporção (%) de adultos marcados de *Diaphorina citri* encontrados por rua nos tratamentos (controle, plantio-isca de *Bergera koenigii* tratado com inseticida, caulim processado (2% e 1,5%) e plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida + caulim processado)) nas avaliações de um (A), três (B) e sete dias (C) após a liberação dos psilídeos. Distância entre as ruas do pomar e os pontos de liberação de *D. citri*: 10 (primeira), 15 (segunda), 20 m (terceira), 25 m (quarta), 30 m (quinta), 35 m (sexta) e 40 m (sétima rua).

Em geral, a mortalidade dos psilídeos foi significativamente maior nas plantas tratadas com o inseticida sistêmico thiamethoxam comparada com as plantas não tratadas ($\chi^2 = 101,55$; $gl = 1$; $P < 0,0001$). Os mesmos resultados foram observados comparando a taxa de mortalidade em cada período de confinamento dos psilídeos, um DAC ($W = 342,00$, $P = 0,0265$), três DAC ($W = 116,00$; $P < 0,0001$) e sete DAC ($W = 0,00$; $P < 0,0001$; Figura 7).

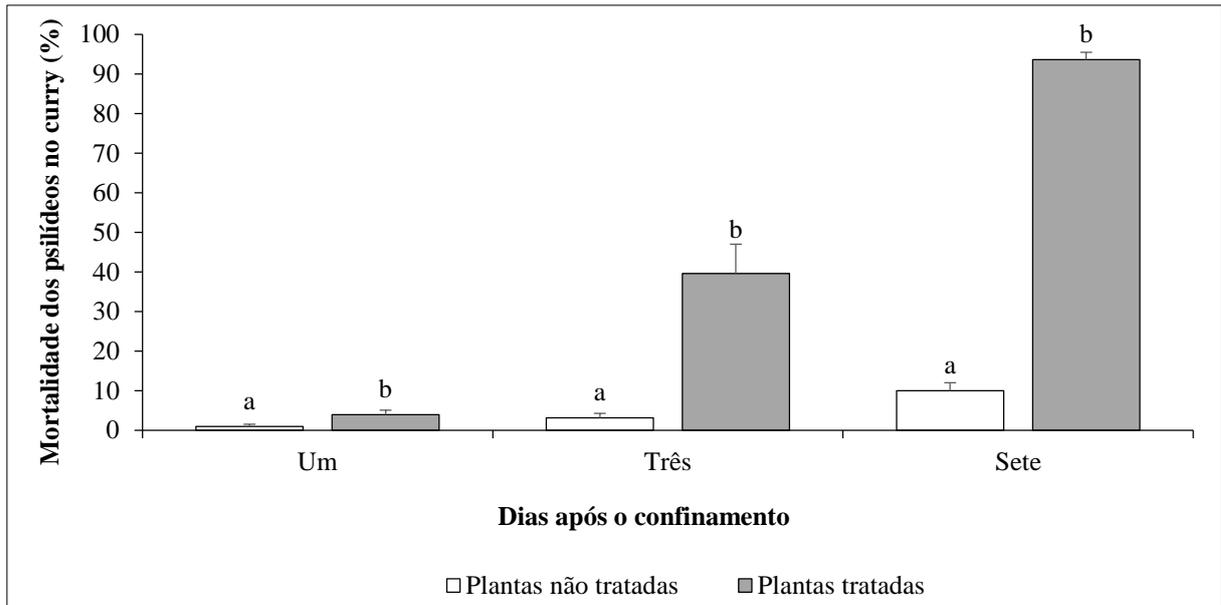


Figura 7. Mortalidade (%) (média \pm erro padrão) de adultos de *Diaphorina citri* confinados em plantas de *Bergera koenigii* tratadas e não tratadas com inseticida sistêmico (thiamethoxam) após um, três e sete dias de confinamento dos psilídeos. Médias seguidas de mesma letra dentro de cada tempo não diferem significativamente entre si pelo teste soma de runks de Wilcoxon ($P < 0,05$).

Houve uma uniformidade nos tratamentos em relação a quantidade de brotos por planta de laranjeira ‘Valência’ ($\chi^2 = 3,34$; $df = 3$; $P = 0,3417$) (Figura 8 A). Por outro lado, na avaliação após sete dias da liberação houve um ligeiro acréscimo na quantidade de brotos por planta em relação a avaliação realizada um e três dias após a liberação dos psilídeos ($\chi^2 = 99,97$; $df = 1$; $P < 0,0001$) (Figura 8 B). Quanto ao estágio fenológico dos brotos, nas avaliações de um e três DAL, a proporção de plantas com brotos nos estágios (V1-V3) e (V4-V6) foram similares, porem maiores que as plantas com vegetação madura (V7) (Figura 9). Na última avaliação, a maior parte das plantas estava com predominância de brotações V4-V6 (Figura 9). Ressalta-se que a proporção de plantas sem brotos foi baixa ($< 21\%$) e em todas as avaliações.

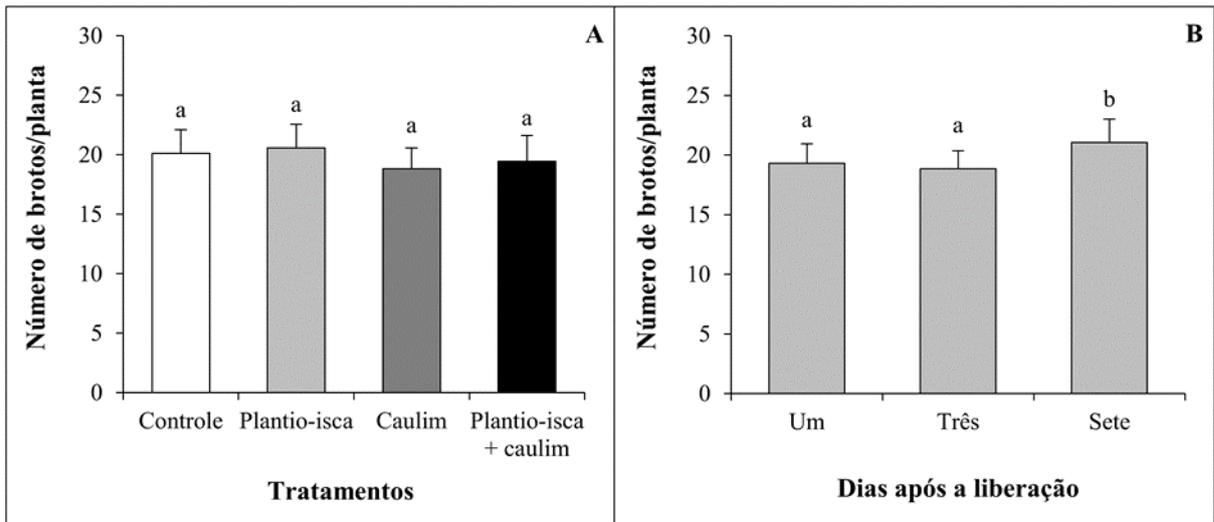


Figura 8. Número (média \pm erro padrão) de brotos (V1 - V6) por planta de citros nos diferentes tratamentos (A) e em cada tempo de avaliação (B). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

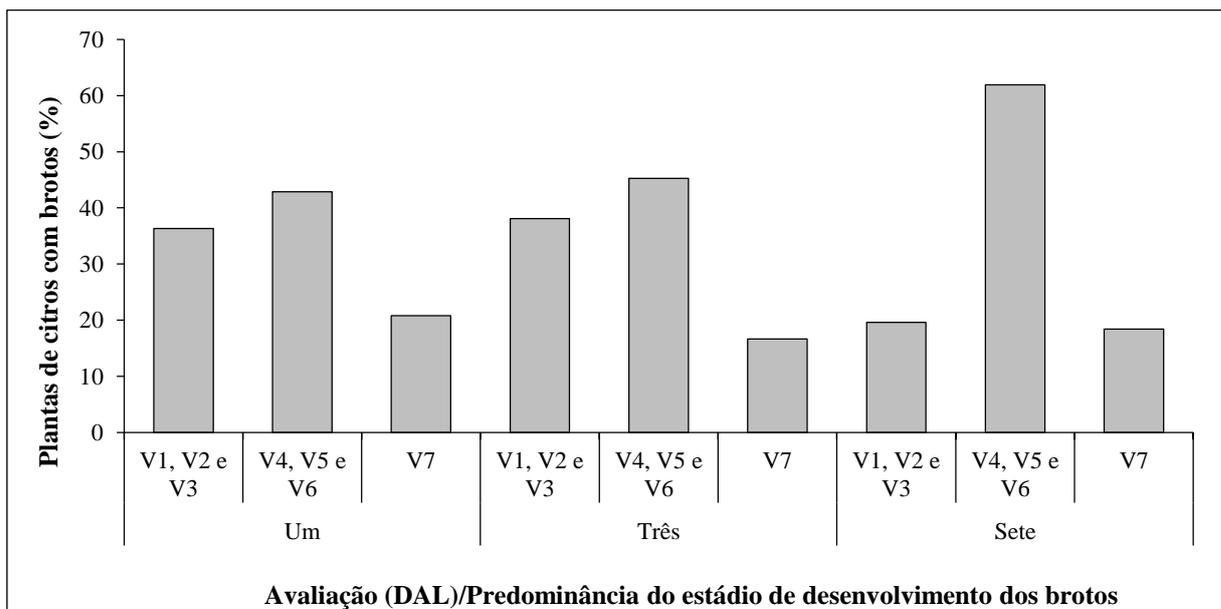


Figura 9. Proporção de planta (%) com predominância de brotos em estádios de desenvolvimentos iniciais (V1, V2 e V3), finais (V4, V5 e V6) e vegetação madura (V7) nas avaliações de um, três e sete dias após a liberação (DAL) dos adultos de *Diaphorina citri*.

Em relação as precipitações pluviométricas, na primeira e segunda repetição foram registrados 42 e 38 milímetros, ambas ocorreram antes da segunda aplicação de caulim e liberação dos insetos (Figura 10). Na terceira avaliação foram registrados 140 mm de precipitação antes da segunda aplicação de caulim e liberação dos insetos; houve também no sexto dia após a liberação dos insetos uma chuva de 2 mm. Na quarta repetição, no primeiro e terceiro dia após a liberação dos insetos foram registrados 12 e 7 mm de chuvas, respectivamente. Não houve precipitações na quinta repetição. Por fim, na última avaliação

foram registrados 23 mm de precipitação após a primeira aplicação de caulim e 5 e 3 mm no quarto e quinto dia após a liberação dos insetos, respectivamente.

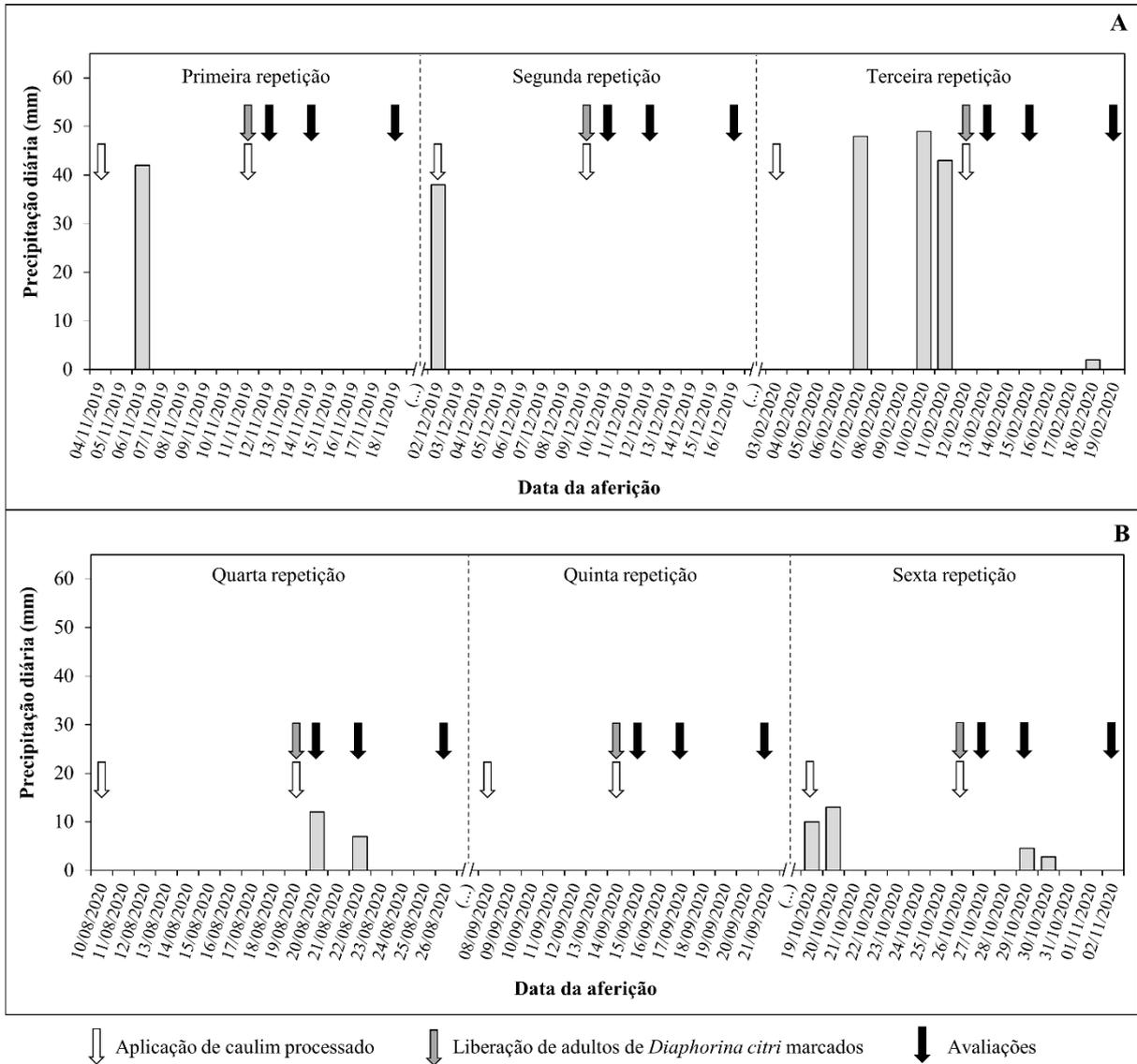


Figura 10. Precipitação pluviométrica diária (mm) registrada na área experimental durante a realização do experimento. A linha pontilhada separa o período de cada repetição. Primeira, segunda e terceira repetição (A); quarta, quinta e sexta repetição (B). Araraquara, SP, Brasil.

4. DISCUSSÃO

Todas as táticas de manejo avaliadas neste estudo foram efetivas em reduzir a quantidade de psilídeos que pousaram nas plantas de citros, corroborando com os resultados reportados na literatura quanto à utilização do plantio-isca e da aplicação de caulim processado (Miranda et al., 2018; Tomaseto et al., 2019). Foi observada uma maior quantidade de psilídeos nas plantas de *B. koenigii* dos tratamentos com o plantio-isca em relação às plantas de citros, possivelmente devido ao efeito “barreira” do plantio-isca e pela maior atratividade de *B. koenigii* para *D. citri*. Testes em laboratório utilizando olfatométria demonstram que a *B. koenigii* e a *M. paniculata* são mais atrativas para os adultos de *D. citri* do que plantas de laranja doce (Beloti et al., 2017; Tomaseto et al., 2019). Uma vez que a seleção de plantas hospedeiras pelo psilídeo envolve diversos aspectos sensoriais (Patt & Sétamou, 2010), a visão e o olfato são importantes para orientação do psilídeo em um pomar de citros (Wenninger et al., 2009; Sétamou et al., 2012). No caso específico de *B. koenigii*, Beloti (2018) sugere outros potenciais motivos para a maior preferência de *D. citri* em detrimento ao citros, como a contínua emissão de brotações e a menor rigidez das folhas, fatores preferenciais para a alimentação e oviposição e, conseqüentemente, o estabelecimento desse inseto vetor no hospedeiro.

A escolha de plantas hospedeiras de acordo com a preferência de oviposição é importante para insetos que precisam garantir um ambiente adequado para o desenvolvimento do estágio inicial de sua prole, como é caso de *D. citri* que possui mobilidade ninfal reduzida (Teck et al., 2011). Logo, a atração e o estabelecimento de *D. citri* em uma planta hospedeira é influenciada pela presença de brotações, que são altamente atrativas aos psilídeos pois apresentam estímulos visuais e olfativos (Patt & Sétamou, 2010; Sétamou et al., 2012), sendo esta fase de desenvolvimento exclusiva para oviposição (Cifuentes-Arenas et al., 2018). Ao longo do experimento, a quantidade de brotos nas plantas de citros foi homogênea dentre os tratamentos, com média de aproximadamente 20 brotos/planta. Assim, pode se afirmar que durante o experimento as plantas estavam no período de maior suscetibilidade/atratividade ao psilídeo, o que reforça a efetividade das táticas de manejo avaliadas.

No plantio-isca de *B. koenigii* houve um significativo decréscimo na quantidade de adultos de *D. citri* observados ao longo dos tempos de avaliação. Resultado que sugere a eficiência do tratamento com inseticida sistêmico em controlar os psilídeos nas plantas do plantio-isca, reduzindo ou impedindo a movimentação desses psilídeos para o pomar. Resultados semelhantes foram encontrados por Tomaseto et al. (2019), que também verificaram

diminuição dos psilídeos encontrados no plantio-isca de *M. paniculata* e concluíram que foi devido a ação do inseticida sistêmico utilizado. No presente trabalho, no experimento com confinamento houve diferença significativa na mortalidade dos psilídeos desde o primeiro dia, alcançando mais de 93% de mortalidade dos psilídeos depois de sete dias, enquanto a mortalidade dos psilídeos confinados nas plantas não tratadas foi menor que 10%. O número de insetos encontrados nas plantas de citros do tratamento plantio-isca separadamente foi 69% menor do que nas plantas citros do tratamento controle. Dessa forma, pode-se afirmar que o plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida sistêmico é uma opção eficiente para complementar as aplicações de inseticidas no manejo de *D. citri* em pomares de citros. Isso porque, diante de condições adequadas para o seu desenvolvimento, a chance de um psilídeo imigrante infectado que pousou no plantio-isca deixá-lo e dispersar para plantas de citros é baixa (Tomaseto et al., 2019). Nesse sentido Tomaseto et al. (2016) observaram que, enquanto plantas hospedeiras reduzem a dispersão do *D. citri* entre plantas de citros, uma barreira de plantas não hospedeiras não possui efeito na dispersão. Além disso, por não hospedar a *Clas* (Beloti et al., 2017), o plantio-isca com a *B. koenigii* não é uma fonte de inóculo da bactéria, contribuindo para a redução do HLB em pomares comerciais.

A aplicação de caulim processado também se mostrou eficaz na redução dos psilídeos (86%) em relação ao controle. O mesmo foi observado em estudos que avaliaram a preferência de pouso, permanência ou oviposição de *D. citri* em plantas cítricas tratadas com caulim a 3% (Hall et al., 2007; Miranda et al., 2018) e 5% (Mohammadipour et al., 2016; Ramírez-Godoy et al., 2018). Essa redução de adultos de *D. citri* em plantas com caulim pode ser atribuída a dois principais motivos, o comprometimento da identificação das plantas de citros tornando-as menos atrativas para o psilídeo e a ação como barreira física, ou seja, a ação do filme de partículas de caulim afetando negativamente a locomoção, oviposição, alimentação e permanência do inseto na planta (Glenn et al., 1999; Miranda et al., 2018). Contudo, a concentração de caulim processado utilizada no presente trabalho foi 50 a 70% menor do que a usada em estudos anteriores. Isso é uma informação importante deste estudo, pois além da eficácia do tratamento, o custo também deve ser levado em consideração para que a tática de manejo possa ser utilizada pelos citricultores.

Em relação a estratégia repele-atraí e mata avaliada (aplicação de caulim processado nos citros associada com o plantio-isca de *B. koenigii* tratado com inseticida), observou-se que houve uma redução na quantidade de adultos de *D. citri* nas plantas de citros de 95, 84 e 63% em relação ao controle, plantio-isca e caulim processado utilizados separadamente, respectivamente. Em relação aos psilídeos observados nas plantas de *B. koenigii*, esperava-se

que nas parcelas com aplicação de caulim nos citros, os psilídeos que transpusessem a barreira do plantio-isca tivessem um estímulo repelente das plantas tratadas com caulim e fossem atraídos para as plantas de *B. koenigii* do plantio-isca. No entanto, não houve um acréscimo na quantidade de psilídeos observados nas plantas do plantio-isca em que o pomar estava tratado com caulim em relação ao não tratado.

Em geral, neste estudo, a proporção de insetos observados nas plantas de citros foi 69 e 40% menor que o observado por Miranda et al. (2018) e Tomaseto et al. (2019) em estudos utilizado o caulim processado e plantio-isca de *M. paniculata* separadamente. Esse fato pode ter ocorrido pois, no presente estudo, duas táticas de controle (plantio-isca e caulim processado) para reduzir a quantidade de psilídeos no pomar foram utilizadas, além da associação dessas táticas. Esse baixo número de insetos observado nas plantas de citros, em parte, explica a não diferença estatística entre os tratamentos plantio-isca associado com caulim (repele-atrai e mata) e caulim aplicado isoladamente, mesmo existindo uma redução de 3, 8 e 6 vezes na quantidade de insetos no tratamento com utilização da estratégia repele-atrai e mata, nas avaliações de um, três e sete DAL, respectivamente. Desta forma, seria interessante a repetição deste experimento em áreas maiores (ex. parcelas de 1 ha), onde provavelmente a associação do caulim processado com plantio-isca poderia apresentar uma maior efetividade.

Quando avaliada a distribuição espacial de *D. citri* encontrada nas plantas de citros, em geral, 81,5% dos psilídeos foram observados nas ruas mais próximas ao ponto de liberação (10 e 15 m de distância). Esse resultado corrobora trabalhos que avaliaram a distribuição espacial de *D. citri* em pomares de citros (Sétamou & Bartels, 2015; Tomaseto et al., 2016; Miranda et al., 2018; Tomaseto et al., 2019). No tratamento controle, os psilídeos foram encontrados nas últimas ruas de plantio já no primeiro dia, enquanto nos tratamentos plantio-isca e caulim separadamente, os psilídeos foram observados em plantas da última rua do pomar (40 m do ponto de liberação), no terceiro e sétimo dia após liberação dos insetos, respectivamente. Dos psilídeos encontrados na maior distância do ponto de liberação (40 m), 80, 10 e 10% pertenciam aos tratamentos controle, plantio-isca e caulim separadamente, respectivamente, indicando que estas táticas reduzem a dispersão de *D. citri*. Por outro lado, no tratamento com a estratégia repele-atrai e mata, a distância máxima onde psilídeos foram encontrados foi 25 m (quarta linha de pomar), e isso ocorreu somente sete DAL dos psilídeos, demonstrando que este tratamento reduziu e atrasou a dispersão de *D. citri* dentro do pomar.

Em relação ao volume de chuvas registrado ao longo do experimento, foi observado uma ocorrência de 243 mm de chuvas entre a primeira e segunda aplicação do caulim processado (2%). Após a segunda aplicação (1,5%), realizada sete dias após a primeira

aplicação, foi registrado apenas 28,4 mm de chuva no total. Em geral, as precipitações pluviométricas não influenciaram negativamente no efeito repelente do caulim processado sobre o psílídeo uma vez que os resultados apresentaram a mesma tendência ao longo de todas as repetições. Resultados similares foram observados quando o caulim processado foi utilizado com uma concentração de 3% (Miranda et al., 2018). Essa não interferência provavelmente ocorreu devido à presença de adjuvantes com efeito adesivo na formulação do produto utilizado. Esse fato reforça a necessidade de utilização de produtos formulados com esta característica. Portanto, a aplicação de um simples caulim (sem formulação), que é facilmente lavado pelas chuvas, pode não ser efetiva em reduzir a população do psílídeo em campo.

Este estudo mostra pela primeira vez a possibilidade de redução na concentração de caulim processado sem perda de efetividade no manejo de *D. citri*. Também apresenta resultados inéditos da efetividade do plantio-isca com *B. koenigii* em reduzir a dispersão e quantidade de *D. citri* que pousaram no pomar de citros. E por fim, abre a perspectiva de utilização de uma nova estratégia de manejo, a repele-atrai e mata, para este inseto. Todas estas táticas, aplicadas isoladamente ou em conjunto, vão de encontro a nova tendência da citricultura de utilização de métodos mais sustentáveis, tanto do ponto de vista social (maior segurança do trabalhador), ambiental (possibilidade de redução da utilização de inseticidas químicos e menor risco de resíduos nos frutos) e econômico (possibilidade de redução de plantas com HLB e maior longevidade do pomar).

5. CONCLUSÃO

A estratégia repele-atrai e mata reduz e atrasa a dispersão de *D. citri* dentro do pomar jovem de citros em brotação.

A estratégia repele-atrai e mata é mais efetiva que a utilização do plantio-isca com *B. koenigii* tratado com inseticida isoladamente, porém, apresenta eficácia similar ao caulim processado aplicado isoladamente em reduzir a quantidade de *D. citri* que pousam em pomar jovem de citros em brotação.

A utilização de plantio-isca com *B. koenigii* tratado com inseticida é efetiva em reduzir a dispersão e quantidade de *D. citri* que pousam em pomar jovem de citros em brotação.

A aplicação de caulim processado a 2% seguida de uma aplicação a 1,5%, é efetiva em reduzir a dispersão e quantidade de *D. citri* que pousam em pomar jovem de citros em brotação.

REFERÊNCIAS

- Ayres, A.J., Sala, I., Miranda, M.P., Wulff, N.A., Bassanezi, R.B., Lopes, S.A. 2018. **Manejo do greening: 10 mandamentos para o sucesso no controle da doença**. Araraquara: Fundecitrus. 63 p.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Stuchi, E.S. 2009. Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. **European Journal of Plant Pathology** 125:565-572.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gimenes-Fernandes, N., Yamamoto, P.T., Gottwald, T.R., Amorim, L., Bergamin Filho, A. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease** 97:790-796.
- Bassanezi, R.B., Lopes, S.A., Miranda, M.P., Wulff, N.A., Volpe, H.X.L., Ayres, A.J. 2020. Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology** 45:251-264.
- Belasque Jr., J., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., Bové, J.M. 2010. Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology** 31:53-64.
- Beloti, V.H. 2018. Utilização de *Murraya koenigii* como planta-isca visando o manejo do psílídeo *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). 95 f. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo.
- Beloti, V.H., Santos, F., Alves, G.R., Bento, J.M.S., Yamamoto, P.T. 2017. Curry leaf smells better than citrus to females of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Arthropod-Plant Interactions** 11:709-716.
- Beloti, V.H., Alves, G.R., Coletta-Filho, H.D., Yamamoto, P.T. 2018. The asian citrus psyllid host *Murraya koenigii* is immune to huanglongbing pathogen ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’. **Phytopathology** 108:1089-1094.
- Bergamin-Filho, A., Inoue-Nagata, A.K., Bassanezi, R.B., Belasque Júnior, J., Amorim, L., Macedo, M.A., Barbosa, J.C., Willocquet, L., Savary, S. 2016. The importance of primary inoculum and area-wide disease management to crop health and food security. **Food Security** 8:221-238.
- Boina, D.R., Meyer, W.L., Onagbola, E.O., Stelinski, L.L. 2009. Quantifying dispersal of *Diaphorina citri* (hemiptera: psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged groves on commercial citrus management. **Environmental Entomology** 38:1250-1258.
- Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 88:7-37.

- Canale, M.C., Tomaseto, A.F., Haddad, M.L., Coletta-Filho, H.D., Lopes, J.R.S. 2017. Latency and Persistence of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in Its Psyllid Vector, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Phytopathology** 107(3):264-272.
- Capoor, S.P., Rao, D.G., Viswanath, S.M. 1967. *Diaphorina citri* Kuwayma (Hemiptera: Liviidae), a vector of the greening disease of citrus in India. **Indian Journal Agricultural Sciences** 37(6):572-579.
- Capoor, S.P., Rao, D.G. Viswanath S.M. 1974. Greening disease of citrus in the Deccan Trap Contry and its relationship with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: Weathers, L.G., Cohen, M. (Ed.). **Proceedings of the 6th Conference of the International Organization of Citrus Virologists**. University of California, Division of Agricultural Sciences. p. 43-49.
- Cifuentes-Arenas, J.C., Goes, A., Miranda, M.P. de, Beattie, G.A.C., Lopes, S.A. 2018. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **PLoS ONE** 13(1):1-17.
- Cifuentes-Arenas, J.C., Beattie, G.A.C., Peña, L., Lopes, S.A. 2019. *Murraya paniculata* and *Swinglea glutinosa* as Short-Term Transient Hosts of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' and Implications for the Spread of Huanglongbing. **Phytopathology** 109(12):2064-2073.
- Citrus BR. 2020. **Exportações de suco de laranja fecham safra em alta: nos doze meses da safra 2019/2020, embarques cresceram 17%**. São Paulo: Citrus BR. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/destaques/?id=312898>>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- Coletta-Filho, H.D., Targon, M.L.P.N., Takita, M.A., De Negri, J.D., Pompeu Junior, J., Machado, M.A., Amaral, A.M. do, Müller, G.W. 2004. First Report of the Causal Agent of Huanglongbing ("*Candidatus Liberibacter asiaticus*") in Brazil. **Plant Disease** 88(12):1382.
- Cook, S.M., Khan, Z.R., Pickett, J.A. 2007. The use of push-pull strategies in integrated pest management. **Annual Review of Entomology** 52:375-400.
- Costa Lima, A.M. 1942. **Insetos do Brasil: Hemiptera**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia 3. 101 p.
- Dala-Paula, B.M., Plotto, A., Bai, J., Manthey, J.A., Baldwin, E.A., Ferrarezi, R.S., Gloria, M.B.A. 2019. Effect of Huanglongbing or Greening Disease on Orange Juice Quality, a Review. **Frontiers in Plant Science** 9:1976. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01976/full>>. Acesso em: 04 set. 2019.
- De Carli, L.F., Miranda, M.P., Volpe, H.X.L., Zanardi, O.Z., Vizoni, M.C., Martini, F.M., Lopes, J.P.A. 2018. Leaf age affects the efficacy of insecticides to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology** 142(7):689-695.
- Demétrio, C.G.B., Hinde, J., Moral, R.A. 2014. Models for overdispersed data in entomology. In: Ferreira, C.P., Godoy, W.A.C. (Ed.). **Ecological Modelling Applied to Entomology**. Nova York: Springer. p. 219-259.

Duraimurugan, P., Regupathy, A. 2005. Push-pull Strategy with Trap Crops, Neem and Nuclear Polyhedrosis Virus for Insecticide Resistance Management in *Helicoverpa armigera* (Hubner) in Cotton. **American Journal of Applied Sciences** 2(6):1042-1048.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. **FAOSTAT: Data; Crops**. Roma: FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2018. **Guia de fases de desenvolvimento vegetativo da planta de citros**. Araraquara, SP: Fundecitrus. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/guia-de-fases-de-desenvolvimento-vegetativo-da-planta-de-citros/69>. Acesso em: 17 nov. 2020.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2020a. **Reestimativa da safra de laranja 2019/20 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: fechamento em abril/2020**. Araraquara, SP: Fundecitrus. 4 p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0420_Reestimativa_da_Safra_de_Laranja.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2020b. **Levantamento da incidência das doenças dos citros: greening, CVC e cancro cítrico no Cinturão Citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**. Araraquara, SP: Fundecitrus. 67 p. Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/pdf/levantamentos/levantamento-doencas-2020.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

Fundo de Defesa da Citricultura, Markestrat, FEA-RP/USP, FCAV/UNESP. 2020. **Inventário de árvores do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: retrato dos pomares em março de 2020**. Araraquara, SP: Fundecitrus. 105 p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf>. Acesso em 10 jul. 2020.

Gahlawat, D.K., Jakhar, S., Dahiya, P. 2014. *Murraya koenigii* (L.) Spreng: an ethnobotanical, phytochemical and pharmacological review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** 3(3):109-119.

Girardi, E.A., Nascimento, A.S. do, Laranjeira, F.F., Andrade, E.C. de, Freitas-Astúa, J., Barbosa, C. de J., Sanches, N.F., Stuchi, E.S., Fancelli, M., Santos Filho, H.P., Oliveira, A.A.R. 2011. **Guia de identificação do Huanglongbing (HLB, Ex-greening)**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 34 p.

Glenn, D.M., Puterka, G., Vanderzwet, T., Byers, R.E., Feldhake, C. 1999. Hydrophobic Particle Films: A New Paradigm for Suppression of Arthropod Pests and Plant Diseases. **Journal of Economic Entomology** 92(4):759-771.

Glenn, D.M., Puterka, G. 2005. Particle Films: A New Technology for Agriculture. **Horticultural Reviews** 31:1-44.

- Halbert, S.E., Manjunath, K.L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **The Florida Entomologist** 87:330-353.
- Hall, D.G., Lapointe, S.L.S., Wenninger, E.J.E. 2007. Effects of a particle film on biology and behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its infestations in citrus. **Journal of Economic Entomology** 100:847-854.
- Hall, D.G., Albrecht, U., Bowman, K.D. 2016. Transmission Rates of ‘*Ca. Liberibacter asiaticus*’ by Asian Citrus Psyllid Are Enhanced by the Presence and Developmental Stage of Citrus Flush. **Journal of Economic Entomology** 109(2):558-563.
- Hokkanen, H.M.T. 1991. Trap cropping in pest management. **Annual Review of Entomology** 36:119-138.
- Hung, T.H., Hung, S.C., Chen, C.N., Hsu, M.H. Su, H.J. 2004. Detection by PCR of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, the bacterium causing citrus huanglongbing in vector psyllids: application to the study of vector-pathogen relationships. **Plant Pathology** 53:96-102.
- Inoue, H., Ohnishi, J., Ito, T., Tomimura, K., Miyata, S., Iwanami, T. Ashihara, W. 2009. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology** 155:29-36.
- Kobori, Y., Nakata, T., Ohto, Y., Takasu, F. 2011. Dispersal of adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (homoptera: Psyllidae), the vector of citrus greening disease, in artificial release experiments. **Applied Entomology and Zoology** 46:27-30.
- Lewis-Rosenblum, H., Martini, X., Tiwari, S., Stelinski, L.L. 2015. Seasonal movement patterns and long-range dispersal of asian citrus psyllid in Florida citrus. **Journal of Economic Entomology** 108:3-10.
- Lopes, J.R.S., Parra, J.R.P., Yamamoto, P.T., Bento, J.M.S. 2015. Psilídeo-asiático-dos-citros, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: Vilela, E.F., e Zucchi, R.A. (Ed.). **Pragas Introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ. p. 281-296.
- Lo Verde, G., Caleca, V., Lo Verde, V. 2011. The use of kaolin to control *Ceratitidis capitata* in organic citrus groves. **Bulletin of Insectology** 64:127-134.
- Markestrat - Centro de Pesquisas e Projetos em Marketing e Estratégia. 2016. **Consumo de sucos em geral - detalhe**. São Paulo: Markestrat. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/download/3-Consumo%20de%20Sucos%20em%20Geral.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- Martini, X., Addison, T., Fleming, B., Jackson, I., Pelz-Stelinski, K., Stelinski, L.L. 2013. Occurrence of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in an unexpected ecosystem: the Lake Kissimmee State Park Forest, Florida. **Florida Entomology** 96:658-660.

- McClellan, A.P.D., Oberholzer, P.C.J. 1965. Citrus psylla, a vector of the greening disease of sweet orange. **South African Journal of Science** 8(1):297-298.
- McClellan, A.P.D., Schwarz, R.E. 1970. Greening or blotchy-mottle disease of citrus. **Phytophylactica** 2:177-194.
- Michaud, J.P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. **Biological Control** 29:260-269.
- Midega, C.A.O., Pittchar, J.O., Pickett, J.A., Hailu, G.W., Khan, Z.R. 2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. **Crop Protection** 105:10-15.
- Miller, J.R., Cowles, R.S. 1990. Stimulo-Deterrent Diversion: a concept and its possible application to onion maggot control. **Journal of Chemical Ecology** 16(11):3197-3212.
- Miranda, M.P., Dos Santos, F.L., Felipe, M.R., Moreno, A., Fereres, A. 2015. Effect of UV-Blocking plastic films on take-off and host plant finding ability of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Economic Entomology** 108:245-251.
- Miranda, M.P., Zanardi, O.Z., Tomaseto, A.F., Volpe, H.X.L., Garcia, R.B., Prado, E. 2018. Processed kaolin affects the probing and settling behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Pest Management Science** 74:1964-1972.
- Mohammadipour, A., Naseri, M., Rangbar, S. 2016. Study on Kaolin powder for reducing the population of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Kuwayama). Proceedings. **22nd Iranian Plant Protection Congress**. Karaj. 2016. p. 27-30.
- Nakata, T. 2008. Effectiveness of micronized fluorescent powder for marking citrus psyllid, *Diaphorina citri*. **Applied Entomology and Zoology** 43(1):33-36.
- Neves, M.F., Trombin, V.G. 2017. **Anuário da Citricultura 2017**. São Paulo: Citrus BR. 57 p.
- Ourique, C.B., Redaelli, L.R., Efrom, C.F.S., Pedrini, D. 2019. Effects of kaolin and limestone on infestation of South American fruit fly in citrus orchards. **Biological Agriculture & Horticulture** 35(1):61-71.
- Pascual, S., Cobos, G., Seris, E., González-Núñez, M. 2010. Effects of processed kaolin on pests and non-target arthropods in a Spanish olive grove. **Journal of Pest Science** 83:121-133.
- Patt, J.M., Sétamou, M. 2010. Responses of the asian citrus psyllid to volatiles emitted by the flushing shoots of its rutaceous host plants. **Environmental Entomology** 39(2):618-624.
- Pelz-Stelinski, K.S., Brlansky, R.H., Rogers, M.E. 2010. Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae). **Journal of Economic Entomology** 103:1531-1541.

- Peng, L., Trumble, J.T., Munyanezae, J.E., Liu, T. 2010. Repellency of a kaolin particle film to potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae), on tomato under laboratory and field conditions. **Pest Management Science** 67:815-824.
- Puterka, G.J., Glenn, D.M., Sekutowski, D.G., Unruh, T.R., Jones, S.K. 2000. Progress Toward Liquid Formulations of Particle Films for Insect and Disease Control in Pear. **Environmental Entomology** 29(2):329-339.
- QGIS Association. 2020. **QGIS Geographic Information System**: a free and open source geographic information system. Disponível em: <<https://qgis.org/en/site/>>. Acesso em: 23 dez. 2020.
- Ramírez-Godoy, A., Vera-Hoyos, M. del P., Jiménez-Beltrán, N., Restrepo-Díaz, H. 2018. Application of Foliar Synthetic Elicitors for the Management of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) Populations in Tahiti Lime (*Citrus latifolia* Tanaka). **HortScience** 53(7):1012-1020.
- Ribeiro, P.E.A, Mendes, S.M., Marucci, R.C., Dias, A.S., Silva, L.O., Lopes, R.L. 2014. Comparação entre milho e plantas de cobertura quanto à preferência para oviposição de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Anais. **XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Salvador, BA. 2014.
- Sétamou, M., Sanchez, A., Patt, J.M., Nelson, S.D., Jifon, J., Louzada, E.S. 2012. Diurnal Patterns of Flight Activity and Effects of Light on Host Finding Behavior of the Asian Citrus Psyllid. **Journal of Insect Behavior** 25:264-276.
- Sétamou, M., Bartels, D.W. 2015. Living on the edges: spatial niche occupation of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in citrus groves (RP Niedz, Ed. by). **PLoS ONE** 10:1-21.
- Sharma, R.R., Reddy, S.V.R., Datta, S.C. 2015. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science** 116-117:54-68.
- Shelton, A.M., Badenes-Perez, F.R. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. **Annual Review of Entomology** 51:285-308.
- Shruthi, S.D., Handral, H.K., Pandith, A. 2012. A review on *Murraya koenigii*: multipotential medicinal plant. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research** 5(4):5-14.
- Singerman, A., Useche, P. 2016. **Impact of citrus Greening on citrus operations in Florida [Online]**. Gainesville: University of Florida. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/fe/fe98300.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2019.
- Smart, L.E., Blight, M.M., Pickett, J.A., Pye, B.J. 1994. Development of field strategies incorporating semiochemicals for the control of the pea and bean weevil, *Sitona lineatus* L. **Crop Protection** 13(2):127-135.
- Teck, S.L.C., Fatimah, A., Beattie, A., Heng, R.K.J., King, W.S. 2011. Influence of Host Plant Species and Flush Growth Stage on the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 6(4):536-543.

The R Foundation. 2019. **The R Project for Statistical Computing [Online]**. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

Tomaseto, A.F., Krugner, R., Lopes, J.R.S. 2016. Effect of plant barriers and citrus leaf age on dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology** 140:91-102.

Tomaseto, A.F., Miranda, M.P., Moral, R.A., Lara, I.A.R.de, Fereres, A., Lopes, J.R.S. 2018. Environmental conditions for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) take-off. **Journal of Applied Entomology** 142:104-113.

Tomaseto, A.F., Marques, R.N, Fereres, A., Zanardi, O.Z., Volpe, H.X.L., Alquézar, B., Peña, L., Miranda, M.P. 2019. Orange jasmine as a trap crop to control *Diaphorina citri*. **Scientific Reports** 9(1):2070.

Tubajika, K.M., Civerolob, E.L., Puterkac, G.J., Hashimd, J.M., Luvisid, D.A. 2007. The effects of kaolin, harpin, and imidacloprid on development of Pierce's disease in grape. **Crop Protection** 26:92-99.

USDA - United States Department of Agriculture. 2020. **Florida Citrus Statistics: 2018-2019**. Bartow: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Florida/Publications/Citrus/Citrus_Statistics/2018-19/fcs1819.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

Volpe, H.X.L., Zanardi, O.Z., Magnani, R.F., Luvizotto, R.A.G., Esperança, V., Freitas, R. de, Delfino, J.Y., Mulinari, T.A., Carvalho, R.I. de, Wulff, N.A., Miranda, M.P., Peña, L. 2020. Behavioral responses of *Diaphorina citri* to host plant volatiles in multiple-choice olfactometers are affected in interpretable ways by effects of background colors and airflows. **PLoS ONE** 15(7):1-17.

Wenninger, E.J., Stelinski, L.L., Hall, D.G. 2009. Roles of olfactory cues, visual cues, and mating status in orientation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) to four different host plants. **Environmental Entomology** 38:225-234.

Westbrook, C.J., Hall, D.G., Stover, E., Duan, Y.P. 2011. Colonization of Citrus and Citrus-related Germplasm by *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **HortScience** 46(7):997-1005.

Wu, T., Luo, X., Xu, C., Wu, F., Qureshi, J.A., Cen, Y. 2016. Feeding behavior of *Diaphorina citri* and its transmission of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' to citrus. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 161(2):104-111.

Xu, C.F., Xia, Y.H., Li, K.B., Ke, C. 1988. Further Study of the Transmission of Citrus Huanglungbin by a Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. **International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)** 10(10):243-248. Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/0w42q0r7>>. Acesso em: 24 jul. 2020.

Yamamoto, P.T., Felipe, M.R., Garbim, L.F., Coelho, J.H.C., Ximenes, N.L., Martins, E.C., Leite, A.P.R., Sousa, M.C., Abrahão, D.P., Braz, J.D. 2006. *Diaphorina citri* (Kuwayama)

Hemiptera: Psyllidae): vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter americanus*.
Proceedings of the Huanglongbing-Greening International Workshop. Ribeirão Preto, SP. p. 96.

Yang Y.P., Beattie G.A.C., Spooner-Hart R.N., Huang M.D., Barchia I., Holford P. 2013. Influences of leaf age and type, non-host volatiles, and mineral oil deposits on the incidence, distribution, and form of stylet tracks of *Diaphorina citri*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 147(1):33-49.

Zorzenon, F.P.F., Tomaseto, A.F., Daugherty, M.P., Lopes, J.R.S., Miranda, M.P. 2020. Factors associated with *Diaphorina citri* immigration into commercial citrus orchards in São Paulo State, Brazil. **Journal of Applied Entomology** 00:1–10.

ANEXO

Anexo 1. Guia de fases de desenvolvimento vegetativo da planta de citros.

Fases de desenvolvimento vegetativo

V1 Gema inchada (intumescida). A primeira fase de vegetação, visível na junção do ramo com a folha.

Fases do psilídeo:   

Ovo Ninfa Adulto



V2 Chifrinho ou canivete. Brotação em início de desenvolvimento, com alongamento das folhas, porém sem expansão lateral.

Fases do psilídeo:   

Ovo Ninfa Adulto



V3 Brotação com cerca de 5 cm, com distanciamento entre as folhas e definição do eixo central.

Fases do psilídeo:   

Ovo Ninfa Adulto



V4 Brotação com aproximadamente 10 cm de comprimento e folhas da base do ramo em expansão lateral, com 4 cm, em média.

Fases do psilídeo:   

Ovo Ninfa Adulto



V5 Brotação com eixo principal medindo aproximadamente 18 cm, com folhas do ponteiro em expansão lateral e folhas da base medindo em torno de 7 cm.

Fases do psilídeo:   

Ovo Ninfa Adulto



V6 Ramo com folhas tenras de coloração verde clara. Folhas de ponteiro em expansão lateral. Folhas da base com cerca de 10 cm.

Fases do psilídeo:  

Ninfa Adulto



V7 Ramo com folhas maduras, com coloração verde escura e totalmente expandidas.

Fase do psilídeo: 

Adulto





Fonte: Fundo de Defesa da Citricultura, 2018.