

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

FELIPE MARINHO MARTINI

**Concentrações de óleo mineral para o controle de ovos, ninfas e
adultos de *Diaphorina citri***

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

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientador: Dr. Wellington Ivo Eduardo

**Araraquara
Julho 2024**

FELIPE MARINHO MARTINI

**Concentrações de óleo mineral para o controle de ovos, ninfas e
adultos de *Diaphorina citri***

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

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientador: Dr. Wellington Ivo Eduardo

**Araraquara
Julho 2024**

M386c Martini, Felipe Marinho
Concentrações de óleo mineral para o controle de ovos,
ninfas e adultos de *Diaphorina citri* / Felipe Marinho Martini,
2024.
30 f.

Orientador: Marcelo Pedreira de Miranda

Dissertação (Mestrado) – Fundo de Defesa da
Citricultura, Araraquara, 2024.

1. Psilídeo-asiático-dos-citros
 2. Ferramentas de controle
 3. Manejo integrado de pragas
 4. manejo da resistência
- I. Título

FELIPE MARINHO MARTINHO

Concentrações de óleo mineral para o controle de ovos, ninfas e adultos de *Diaphorina citri*

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

Araraquara, 17 de julho de 2024.

BANCA EXAMINADORA

DocuSigned by:

MARCELO PEDREIRA DE MIRANDA

A79A826BCE064A6...

Dr. Marcelo Pedreira de Miranda (Orientador)

Fundo de Defesa da Citricultura – Fundecitrus, Araraquara – SP

DocuSigned by:

Fernando Javier Sanhueza Salas

56F99F7241E04BB...

Dr. Fernando Javier Sanhueza Salas

Instituto Biológico – APTA/SAA – São Paulo-SP

DocuSigned by:

THIAGO TREVISOLO AGOSTINI

F9CABA905EED46B...

Dr. Thiago Trevisoli Agostini

Fundo de Defesa da Citricultura – Fundecitrus, Araraquara – SP

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e força para superar as adversidades;

À Letícia, minha esposa, por todo amor, carinho, suporte e paciência;

Ao meu filho Miguel, fonte de toda inspiração e alegria, e que tornou o fim dessa jornada complicada, mas com um propósito maior, regado com todo amor que não imaginava existir;

Ao meus pais Luis e Marlene e minha irmã Camila, por todos os ensinamentos e incentivos, principalmente na carreira acadêmica;

À Vescove & Duarte Consultoria, pelo apoio e incentivo em iniciar o MasterCitrus;

À BASF, em nome de Daniel Medeiros, pelo apoio necessário para prosseguir no MasterCitrus;

À secretaria e coordenação do MasterCitrus, pela compreensão das situações que aconteceram até aqui;

Ao Dr. Marcelo Pedreira de Miranda e ao Dr. Wellington Ivo Eduardo, por toda paciência, conselhos, aprendizados e, acima de tudo, agradeço profundamente a oportunidade e confiança depositadas em mim;

Ao Dr. Fernando S. A. Amaral, pelo apoio na correção da dissertação;

À Dra. Michele do Carmo de Souza Timossi, Dra. Jaqueline Franciosi Della Vechia e Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe, pelas valiosas sugestões e contribuições no exame de Qualificação;

À toda equipe de entomologia, que deu suporte no desenvolvimento do trabalho;

Ao Fundecitrus, por te me proporcionado essa jornada;

A todo corpo docente, que lecionaram durante as aulas do MasterCitrus e, com toda certeza contribuíram para meu crescimento profissional;

A todos os colegas discentes do MasterCitrus/ ExpertCitrus, pelos momentos de aprendizado extraclasse e pelos momentos de confraternização;

E, a todos que contribuíram de alguma maneira para a produção e conclusão desse trabalho.

Concentrações de óleo mineral para o controle de ovos, ninfas e adultos de *Diaphorina citri*.

Autor: Felipe Marinho Martini

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientador: Dr. Wellington Ivo Eduardo

Resumo

A utilização de inseticidas químicos é a principal tática de controle do psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama, vetor das bactérias associadas ao Huanglongbing. No entanto, a resistência do psilídeo dos citros a inseticidas já foi relatada em diferentes regiões do estado de São Paulo. Neste contexto, a utilização do óleo mineral associado com a rotação de inseticidas pode ser uma boa estratégia para manejar a resistência do psilídeo dos citros, mas carece de estudos para determinar qual concentração de óleo mais adequada para o controle do psilídeo dos citros. Desta forma, o efeito de concentrações de óleo mineral foi avaliado em ovos, ninfas e adultos de *D. citri*. Os experimentos foram conduzidos no laboratório em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: concentrações de 0,25, 0,5 e 1% de óleo mineral, além de um controle não tratado. As concentrações de óleo mineral foram pulverizadas topicamente até próximo do ponto de escorrimento em *seedlings* de citros com um broto contendo ovos, ninfas ou adultos do psilídeo. *Seedlings* contendo aproximadamente 20 ovos foram pulverizados um dia após a oviposição. *Seedlings* contendo 15 ninfas de terceiro-instar foram pulverizados um dia após a transferência das ninfas. *Seedlings* contendo 15 adultos foram pulverizados um dia após o confinamento dos insetos. As avaliações do número de ovos viáveis e inviáveis e ninfas recém-eclodidas vivas e mortas, foram realizadas 3 e 6 dias após a aplicação (DAA), respectivamente. As avaliações de mortalidade das ninfas de terceiro-instar foram realizadas 3 e 7 DAA, e para adultos 1, 3 e 7 DAA. Os resultados demonstraram que independente da dose testada, o óleo mineral não possui efeito ovicida. Contudo, o óleo mineral ocasionou mortalidade média de 84% das ninfas recém-eclodidas após a aplicação. Em relação às ninfas de terceiro-instar, foi observado uma mortalidade significativa em todas as concentrações avaliadas quando comparados ao controle. Nos experimentos com adultos, as concentrações de 0,5 e 1% resultaram em uma mortalidade significativa quando comparados ao tratamento sem pulverização. Conclui-se que, para *D. citri*, a aplicação tópica de óleo mineral não apresenta efeito ovicida; as doses 0,25, 0,5 e 1% ocasionam mortalidade significativa das ninfas; e as doses de 0,5 e 1% causam mortalidade significativa nos adultos.

Palavras chave: Psilídeo-asiático-dos-citros, ferramentas de controle, manejo integrado de pragas, manejo da resistência

Mineral oil concentrations for the control of *Diaphorina citri* eggs, nymphs, and adults

Author: Felipe Marinho Martini

Advisor: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Co-advisor: Dr. Wellington Ivo Eduardo

Abstract

The use of chemical insecticides is the main tactic for controlling *Diaphorina citri* Kuwayama psyllid, vector of the bacteria associated with HLB. However, psyllid resistance to insecticides has been reported in various regions of São Paulo State. In this context, the use of mineral oil combined with insecticide rotation can be a useful strategy to manage the psyllid resistance. However, studies are needed to determine the most suitable mineral oil concentrations for psyllid control. Thus, the effect of different concentrations was assessed on eggs, nymphs, and adults of *D. citri*. The experiments were conducted in the laboratory using a completely randomized design with four treatments: 0.25, 0.5, and 1% of mineral oil concentrations, and an untreated control. These treatments were topically sprayed until runoff point on citrus seedlings with a shoot containing a specific psyllid life stage (eggs, nymphs, and adults). Seedlings containing approximately 20 eggs were sprayed one day after oviposition. Seedlings containing 15 third-instar nymphs were sprayed one day after nymphal transference. Seedlings containing 15 adults were sprayed one day after adult confinement. Assessments of number of viable and unviable eggs and newly hatched live and dead nymphs were made at 3 and 6 days after application (DAA), respectively. Mortality assessments were performed at 3 and 7 DAA for third-instar nymphs and at 1, 3, and 7 DAA for adults. The results showed that regardless of the concentration tested, mineral oil has no ovicidal effect. However, mineral oil resulted in a mean of mortality of 84% on newly hatched nymphs. Regarding the third-instar nymphs, there was significant mortality in all concentrations assessed compared to untreated control. In adults, the mineral oil concentrations of 0.5 and 1% resulted in significant mortality compared to untreated control. In conclusion, topical application of mineral oil has no ovicidal effect for *D. citri*; mineral oil at 0.25, 0.5 and 1% caused significant nymph mortality; and the concentrations of 0.5 and 1% caused significant adult mortality.

Keywords: Asian citrus psyllid, control tools, integrated pest management, resistance management.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	4
2.1 Material vegetal e insetos.....	4
2.2 Local e delineamento experimental	5
2.3 Pulverizações dos tratamentos	5
2.4 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ovos de <i>Diaphorina citri</i>	6
2.5 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ninfas de 3º instar de <i>Diaphorina citri</i>	6
2.6 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de adultos de <i>Diaphorina citri</i>	7
2.7 Análises estatísticas	8
3 RESULTADOS	8
3.1 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ovos de <i>Diaphorina citri</i>	8
3.1.1 Mortalidade de ninfas de <i>Diaphorina citri</i> eclodidas dos ovos tratados.....	9
3.2 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ninfas de 3º instar de <i>Diaphorina citri</i>	10
3.3 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de adultos de <i>Diaphorina citri</i>	11
4 DISCUSSÃO	13
5 CONCLUSÃO.....	16
6 REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO

A citricultura tem papel de grande relevância dentro do agronegócio brasileiro e mundial. O Brasil é responsável por 35% da produção mundial de laranja e comercializa 75% de todo suco de laranja consumido no mundo (Fundecitrus, 2021). Segundo o Fundecitrus (2024), a safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo e Sudoeste Mineiro, de 2024/2025, foi estimada em 232,38 milhões de caixas de 40,8 kg, uma queda de 24,36% em relação à safra 2023/2024.

Nos últimos 30 anos, devido ao desenvolvimento tecnológico e científico, o setor aumentou sua produção em 80% e a produtividade por hectare cresceu 210%, ocupando 40% menos áreas cultiváveis (Fundecitrus 2023a). Além disso, a citricultura movimenta mais de 14 bilhões de dólares, agregando ao produto interno bruto (PIB) um montante de 2 bilhões de dólares. O valor arrecadado em forma de impostos aos cofres de 350 municípios de São Paulo e Minas Gerais é 190 milhões de dólares (Fundecitrus, 2021). Toda essa cadeia produtiva possui 200 mil empregos diretos ou indiretos (CitrusBR, 2021).

A citricultura brasileira se destaca também pelo seu comprometimento com o meio ambiente. A cada 2,9 hectares de plantas cítricas a citricultura preserva 1 hectare de mata nativa. Além disso, a capacidade de sequestro de carbono dos pomares paulistas chega à marca de 36 milhões de toneladas de CO₂, o mesmo volume de emissão da capital do estado no período de 8 anos (Fundecitrus, 2023b).

A principal e mais importante doença da citricultura mundial, o Huanglongbing (HLB), também conhecida como “Greening” (Bové, 2006), vem preocupando os citricultores brasileiros. No Brasil, o HLB está associado as bactérias *Candidatus Liberibacter asiaticus* e *Ca. L. americanus*, presentes no Estado de São Paulo desde 2004 (Coletta Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005). Essas bactérias se alojam no floema e podem contaminar todas as variedades comerciais de citros (Bové, 2006). A presença da doença pode ser detectada através de seus sintomas, que ocorrem inicialmente em um ramo, onde suas folhas apresentam um amarelecimento com mosqueado verde que, com o tempo, desprendem-se do ramo (Ayres et al., 2018). Em geral, as perdas são proporcionais ao índice de severidade da doença na planta, principalmente pelo fato de ocorrer alto índice de queda dos frutos de forma prematura (Bassanezi et al., 2011). Além das perdas de produção, a doença também afeta a qualidade dos frutos, que ficam deformados, com tamanho reduzido, alta acidez e decréscimo na porcentagem de sólidos solúveis, e maior teor de óleo e sabor amargo, interferindo diretamente na qualidade dos subprodutos. (Bassanezi et al., 2017).

No ano de 2023, a incidência da doença nos pomares do cinturão citrícola aumentou de 24% para 38%, trazendo ainda mais preocupação para o setor (Fundecitrus, 2023c). Até o momento, não existem variedades de citros resistentes à doença e produtos capazes de curar uma planta doente, por isso, o manejo da doença deve ser realizado baseado em três pilares: utilização de mudas sadias, eliminação de árvores doentes para diminuição da fonte de inóculo e controle do inseto vetor.

O psilídeo dos citros (*Diaphorina citri*) adquire a bactéria quando se alimenta no floema de plantas contaminadas e, depois do período de latência, pode transmitir as bactérias durante sua alimentação para outras plantas (Fundecitrus, 2021b). Quando o inseto adquire a bactéria ainda em sua fase imatura, a transmissão das bactérias por esse indivíduo será mais eficiente do que quando adquirida na fase adulta (Inoue et al., 2009).

Diversas espécies dentro da família Rutaceae são hospedeiras do psilídeo (Meng et al., 2022), além dos cítricos, podemos destacar a *Murraya koenigii* (L.) Sprengel (Curry) e *Murraya paniculata* (L.) Jack (Murta). Este inseto possui uma preferência pelos brotos, que é a estrutura vegetativa utilizada para oviposição e desenvolvimento das fases imaturas (Cifuentes Arena et al., 2018). O psilídeo é guiado pelos seus sentidos olfativos e visuais até uma planta hospedeira, principalmente quando as plantas estão brotando (Bassanezi et al., 2020). Assim, a flutuação populacional e reprodução da praga está relacionada com a época de maior fluxo vegetativo das plantas cítricas (Zorzenon et al., 2020).

O tempo de vida do adulto é variado e, segundo Aubert (1987), essa longevidade pode chegar a 6 meses. Estudos realizados por Nava et al. (2007) constataram uma média de longevidade de 32 dias para fêmeas e de 23 dias para machos. As fêmeas ovipositam em média 748,3 ovos a 28°C, sendo que, a faixa de temperatura ótima para oviposição é de 25-28°C (Liu & Tsai, 2000). A fase de ovo, tem duração média de 3 a 4 dias (Parra et al., 2010), eclodindo as ninfas após esse período. Nessa fase os insetos possuem um formato achatado e convexo, apresentam cor amarelada, olhos vermelhos e pernas curtas, passando por cinco instares com duração de 9,4 a 35,8 dias dependendo da temperatura (Nava et al., 2007). O ciclo de desenvolvimento da fase de ovo até a emergência dos adultos pode variar de 12,1 a 43,5 dias, de acordo com a temperatura (Nava et al., 2007).

A principal tática para o controle do psilídeo dos citros é a utilização de inseticidas químicos, devido principalmente à sua rápida ação e alta eficácia. A frequência de aplicações é considerada determinante para o sucesso do controle desse inseto vetor. A recomendação é que as aplicações sejam realizadas em intervalos de 7 dias a 14 dias (Miranda et al., 2021). Os inseticidas dos grupos químicos dos neonicotinoides, piretroides e organofosforados são os

mais utilizados para o controle do psilídeo dos citros, no entanto, a rotação de inseticidas é imprescindível para evitar a seleção de populações resistentes do psilídeo dos citros (Miranda, 2020).

No cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo e Sudoeste Mineiro, as aplicações de inseticidas geralmente são realizadas em intervalos curtos de tempo, esse fator, somado a bioecologia do inseto, pode favorecer a evolução de indivíduos resistentes (Poltronieri, 2013). Existem vários estudos em diversos países que mostram a resistência do psilídeo dos citros a diversos inseticidas (Tiwari et al., 2011; Vázquez-García et al., 2013; Naeem et al., 2016; Tian, 2018; Pardo et al., 2018; García-Méndez et al., 2019; Yi et al., 2020; Ramírez-Sánchez et al., 2023).

Estudos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, em parceria com o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), mostraram resistência do psilídeos dos citros aos inseticidas bifentrina, imidacloprido e malationa (Fundecitrus, 2023d). Dessa forma, em áreas com altas populações, devido a falhas de controle desses inseticidas, a orientação é a utilização de inseticidas de diferentes modos de ação, para assim reestabelecer a suscetibilidade do psilídeo dos citros a esses grupos químicos (Fundecitrus, 2023d). Poerwanto et al. (2023), indica que o uso de métodos de controle complementares são excelentes ferramentas para o manejo de vetor, como a utilização de caulim e óleo mineral. Se tratando do caulim, Miranda et al. (2018) afirmam que, a aplicação preventiva de caulim processado interferiu negativamente na capacidade do psilídeo dos citros de encontrar a planta hospedeira, além de apresentar dificuldade para se alimentar devido a barreira física formada pelo caulim na aplicação. Por sua vez, o óleo mineral é utilizado na agricultura desde a década de 1920, no entanto, acabou sendo substituído por outros adjuvantes com função semelhantes e preços mais acessíveis (Riehl, 1969). Óleos minerais de qualidade, ou seja, que passam por processos de formulação, podem ser utilizados em maiores concentrações, sem ocasionar a fitotoxicidade em plantas, mantendo assim sua efetividade como inseticida (Riehl, 1969).

Se tratando de mecanismo de ação, o óleo mineral age por asfixia, que ocorre quando resíduos do pulverizado se movem por capilaridade para os aerófilos dos ovos, espiráculos e traqueias das larvas, ninfas e adultos (De Ong et al., 1927; Johnson, 1985; Rodrigues & Childers, 2002). Agnello (2002), afirma que o mecanismo de ação de um óleo na mortalidade de pragas, é físico, ou seja, interfere nas trocas gasosas da respiração da praga. Vários trabalhos demonstram o óleo mineral como um potencial controlador de diversas pragas. Na África do Sul, em pomares cítricos, a cochonilha *Aonidiella aurantii* Maskell, 1879, desenvolveu

resistência a inseticidas organofosforados e, a utilização de óleos resultou no controle satisfatório das populações (Schoonees & Giliomee, 1982). No Brasil, em 1996, durante alta pressão da larva minadora de citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856), verificou-se significativo controle da praga por meio de pulverização de caldas com 0,25% de concentração de óleo mineral (Rodrigues et al., 1997). Em testes de livre escolha realizados por Micelli (2011), observou-se uma redução de 81% de *D. citri* em mudas cítricas previamente tratadas com óleo mineral a 1% em relação a mudas cítricas tratadas com água. Além disso, constatou-se uma diminuição na taxa de oviposição deste inseto (Micelli, 2011). Em outro estudo realizado na Indonésia, Poerwanto et al. (2012), demonstraram que plantas tratadas com óleo mineral podem afetar a preferência de *D. citri* a plantas cítricas.

Através da técnica de EPG (Electrical penetration Graphs), verificou-se que o óleo mineral interfere na alimentação de *D. citri* quando aplicado em mudas cítricas (Miranda et al. 2011). Além disso, Yang et al. (2013) afirmam que a aplicação de óleo mineral tem impacto sobre a oviposição de *D. citri*. Rae et al. (1997), demonstraram que a pulverização de óleo mineral ocasionou mortalidade significativa sobre ovos e ninfas de *D. citri*.

Considerando a relevância do óleo mineral no controle de pragas e sua eficácia no manejo da resistência de insetos aos inseticidas químicos, o efeito do óleo mineral em *D. citri* permanece pouco explorado. Portanto, é importante compreender qual o efeito de diferentes concentrações de óleo mineral sobre as diferentes fases de vida do psilídeo dos citros. Com isso, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos de diferentes concentrações de óleo mineral sobre ovos, ninfas e adultos de *D. citri*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e insetos

Seedlings de limoeiro ‘Cravo’ [*Citrus ×limonia* Osbeck] com seis meses de idade, cultivados em tubetes (55 ml) preenchidos com substrato de fibra de coco (Amafibra Golden mix – Belém - Pará) foram utilizados. Os *seedlings* foram mantidos em casa-de-vegetação, sem controle de temperatura e umidade nas dependências do Fundecitrus. Foram utilizados no experimento, ninfas e adultos de *D. citri* livres de *Candidatus Liberibacter spp.*, provenientes da criação de psilídeos dos citros, mantidas no Fundecitrus, com a murta [*Murraya paniculata* (L.) Jack (Sapindales: Rutaceae)] como hospedeiro.

2.2 Local e delineamento experimental

Os experimentos foram realizados em sala climatizada, com temperatura $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; umidade relativa $60\% \pm 5\%$, e fotoperíodo de 14 horas de luz e 10 horas de escuro, no Fundecitrus. Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Cada experimento foi realizado em duplicatas e foram avaliados 4 tratamentos, constituídos de três concentrações (0,25; 0,5 e 1%) de óleo mineral, além de um controle (*seedlings* não tratados). O óleo mineral utilizado foi Agefix (AGECOM produtos de petróleo LTDA., Mauá, São Paulo, Brasil), por ser um produto comumente utilizado na citricultura.

2.3 Pulverizações dos tratamentos

Em todos os experimentos, as aplicações dos tratamentos foram realizadas em casa-de-vegetação, por meio de um pulverizador elétrico 12V, produzido pela Catec Soluções (Ibaté, São Paulo, Brasil), com pressão de trabalho de 55 psi e com agitação de calda hidráulica. O pulverizador foi equipado com uma barra de pulverização estacionária (fig. 1A), com 8 bicos hidráulicos Teejet® (Spraying Systems Co., Wheaton, U.S.A) linha TXA e modelo 80 0,067 com diâmetro médio de gotas menores que $136\ \mu\text{m}$ (muito fino) e vazão final de 0,2 L/min/bico. A calda foi pulverizada até estar próximo do ponto de escoamento (fig. 1B). Após a secagem da pulverização, os *seedlings* foram mantidos em sala climatizada nas condições descritas no item 2.2.



Figuras 1. A) Barra pulverizadora estacionária; B) folha pulverizada até próximo ao ponto de escoamento.

2.4 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ovos de *Diaphorina citri*

Seedlings contendo um broto de aproximadamente 2-3 cm com 4 folhas não expandidas foram utilizados neste experimento. Para oviposição, uma fêmea acasalada de *D. citri* foi confinada no broto, por meio de uma gaiola de tule (15 cm de largura e 25 de comprimento), durante 4 horas. Após a oviposição, o número de ovos nos brotos foi avaliado por meio de uma lupa estereoscópica de 6,7 - 40 vezes de aumento (Olympus® modelo SZ40, Tóquio, Japão) (fig. 2A). *Seedlings* com 15 ± 5 ovos foram selecionados para serem utilizados nos experimentos. Um dia após a oviposição, o número de ovos viáveis (túrgidos de cor amarelo à laranja) e inviáveis (flácidos, secos e/ou deformados) foram avaliados em cada *seedling*. Logo após, os tratamentos foram pulverizados com os tratamentos descritos no item 2.2. Três dias após a aplicação (DAA), o número de ovos viáveis e inviáveis foram avaliados. Seis DAA (≈ 2 dias após a eclosão das ninfas) foi avaliado o número de ovos inviáveis e também o número de ninfas vivas e mortas (efeito residual).



Figura 2. A) Avaliação dos ovos nos brotos com lupa estereoscópica; B) Pulverização dos *seedlings*.

2.5 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ninfas de 3º instar de *Diaphorina citri*

Seedlings contendo um broto de aproximadamente 10 cm com 4 folhas não expandidas foram utilizadas neste experimento. Com o auxílio de um pincel com cerdas macias, 15 ninfas de 3º instar foram transferidas para os brotos (fig. 3A). As transferências das ninfas foram realizadas a partir de brotos destacados de plantas murta *M. paniculata* da criação de psilídeos dos citros, onde as ninfas que se movimentavam para fora do broto podado eram coletadas e

transferidas para o *seedling* de citros. Após 24h, o número de ninfas foi contabilizado e os *seedlings* foram pulverizados como descrito no item 2.2. Os *seedlings* do tratamento sem óleo mineral foram pulverizados com água. Aos 3 dias após a aplicação (DAA) foi verificado o número de ninfas vivas (fig. 3B) e mortas (fig. 3C) e, aos 7 DAA, repetiu-se essa avaliação, determinando assim, a mortalidade ninfal de *D. citri* em cada tratamento.

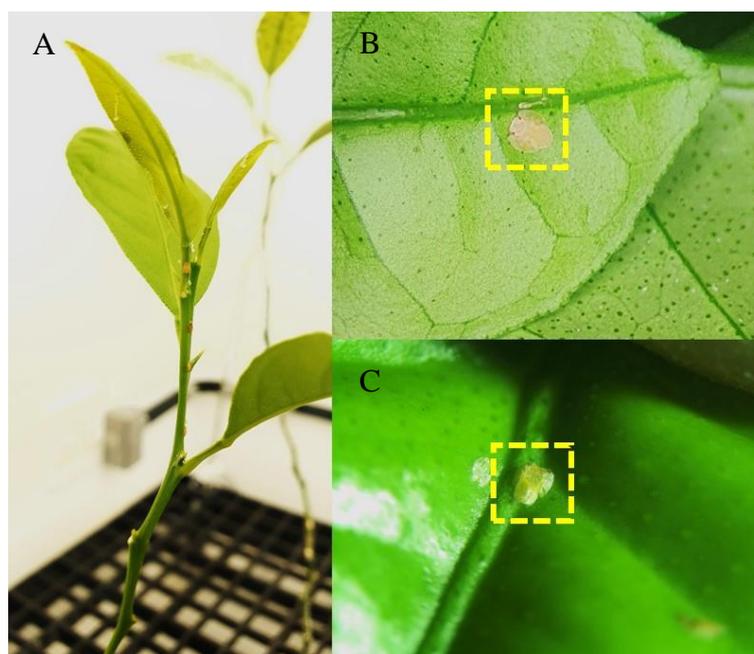


Figura 3. A) Ninfas transferidas; B) Ninfa viva; C) Ninfa morta.

2.6 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de adultos de *Diaphorina citri*

Seedlings com três folhas expandidas e um broto na parte apical (fig. 4C) foram utilizados neste experimento. Quinze adultos do psilídeo não sexados de 10 a 15 dias de idade foram confinados em cada *seedling* por meio de uma gaiola de tule (15 cm de largura e 25 de comprimento) (fig. 4A). Um dia após o confinamento, por volta das 6 horas da manhã, horário em que os insetos, por hábito natural, se encontram menos ativos, a gaiola foi cuidadosamente removida e os *seedlings* com os adultos do psilídeo dos citros foram pulverizados (fig. 4B) como descrito no item 2.2. Logo após a aplicação, as gaiolas de tule foram novamente colocadas sobre os *seedlings* e os mesmos foram remanejados para sala climatizada nas condições descritas no item 2.2. Avaliações visuais para determinar o número de insetos vivos e mortos foram realizadas, 1, 3 e 7 DAA.



Figura 4. A) *Seedlings* com 15 insetos confinados; B) Pulverização dos *seedlings* com os insetos adultos; C) Detalhe dos insetos no *seedling* mesmo após a pulverização.

2.7 Análises estatísticas

Dados das avaliações de mortalidade de ovos, ninfas e adultos foram analisados utilizando modelos lineares generalizados (GLM) (Nelder and Wedderburn, 1972), sendo a qualidade do modelo determinada por gráficos de meio normais, simulada pelo envelope do pacote “hnp” (Demétrio et al., 2014). Em caso de diferenças significativas entre os tratamentos, múltiplas comparações foram realizadas pelo teste Tukey, usando a função “glht” do pacote “multcomp” (Hothorn et al., 2008). Todas as análises foram realizadas ao nível de 5% de probabilidade pelo software estatístico “R”, versão 3.6.1 (R Core Team, 2018).

3 RESULTADOS

3.1 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ovos de *Diaphorina citri*

No primeiro experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos na mortalidade dos ovos do psíldeo dos citros na avaliação de 6 DAA ($F_{3,24} = 0,67$; $p = 0,5784$; Fig. 5A). No segundo experimento, os resultados foram similares ao primeiro, ou seja, não houve diferença significativa na mortalidade dos ovos do psíldeo dos citros tratados com as concentrações de óleo mineral em relação aos não tratados ($F_{3,31} = 2,59$; $p = 0,0703$; Fig. 5B).

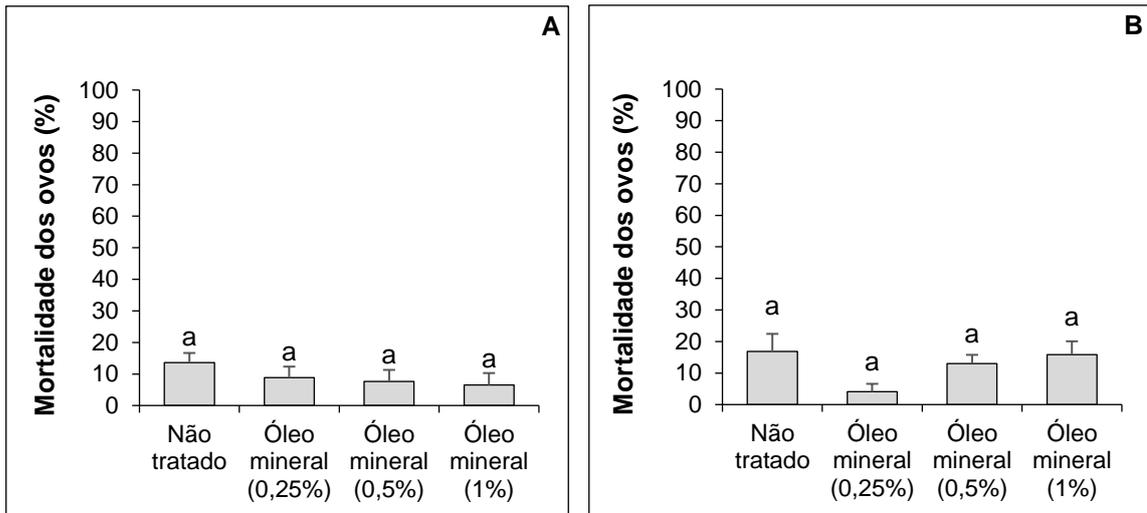


Figura 5. A) Média (\pm erro padrão) da mortalidade de ovos de *Diaphorina citri* no experimento 1 e B) experimento 2, após aplicação tópica (sobre os ovos) de óleo mineral em diferentes concentrações. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3.1.1 Mortalidade de ninfas de *Diaphorina citri* eclodidas dos ovos tratados

Durante a avaliação de mortalidade de ovos 6 DAA no experimento 1 e 2, foi observada a mortalidade das ninfas recém-eclodidas (primeiro-instar), demonstrando um efeito residual dos tratamentos com óleo mineral da aplicação tópica em ovos. Independente da concentração, houve diferença estatística em relação aos não tratados em ambos os experimentos ($F_{3,24} = 28,52$; $p < 0,0001$; Fig. 6A; $F_{3,31} = 6,7$; $p = 0,0013$; Fig. 6B).

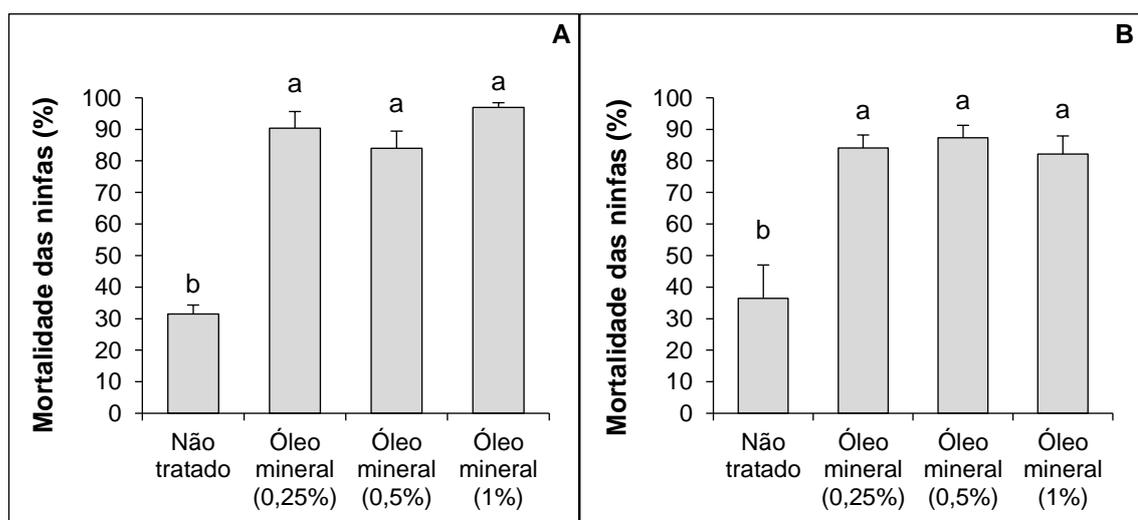


Figura 6. Média (\pm erro padrão) da mortalidade de ninfas de *Diaphorina citri* 48 h após a eclosão no experimento 1 (A) e experimento 2 (B), em *seedlings* de laranja-doce após aplicação tópica (sobre os ovos) de óleo mineral em diferentes concentrações. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3.2 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de ninfas de 3º instar de *Diaphorina citri*

No primeiro experimento, nas avaliações realizadas 3 DAA ($F_{3,23} = 28,54$; $p < 0,0001$; Fig. 7A) e 7 DAA ($F_{3,23} = 34,61$, $p < 0,0001$; Fig. 7B), a mortalidade das ninfas pulverizadas com as concentrações de óleo mineral 0,25%; 0,5% e 1% foi significativamente maior em comparação aos que não receberam óleo mineral (não tratado). No entanto, não houve diferenças significativas entre as concentrações de óleo mineral avaliadas.

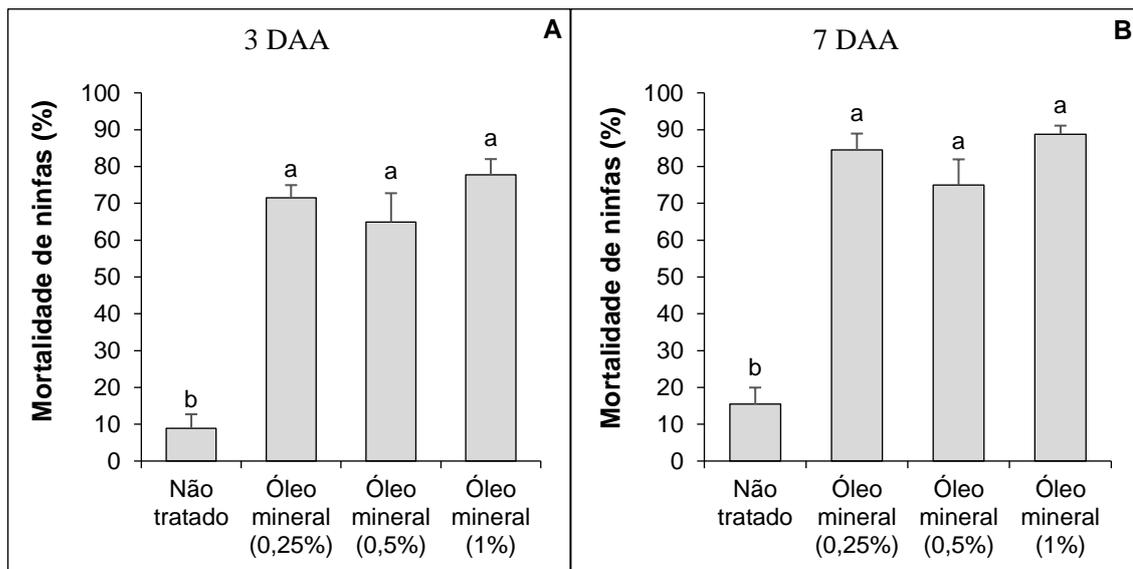


Figura 7. Média (\pm erro padrão) da mortalidade de ninfas de 3º instar de *Diaphorina citri* em *seedlings* de laranjeira-doce após 3 (A) e 7 (B) dias da aplicação tópica de óleo mineral em diferentes concentrações. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

No segundo experimento, na avaliação 3 DAA, as ninfas pulverizadas com as concentrações de óleo mineral a 0,5 e 1% resultaram em uma maior mortalidade em relação as pulverizadas com a concentração de 0,25% e as não tratadas ($F_{3,20} = 23,18$; $p < 0,0001$; Fig. 8A). Aos 7 DAA, também houve uma maior mortalidade das ninfas pulverizadas com óleo mineral a 0,5 e 1%, quando comparadas com a concentração 0,25% e não tratadas. Por outro lado, a concentração de 0,25% resultou em uma maior mortalidade das ninfas em relação ao controle não tratado ($F_{3,20} = 23,19$, $p < 0,0001$; Fig. 8B).

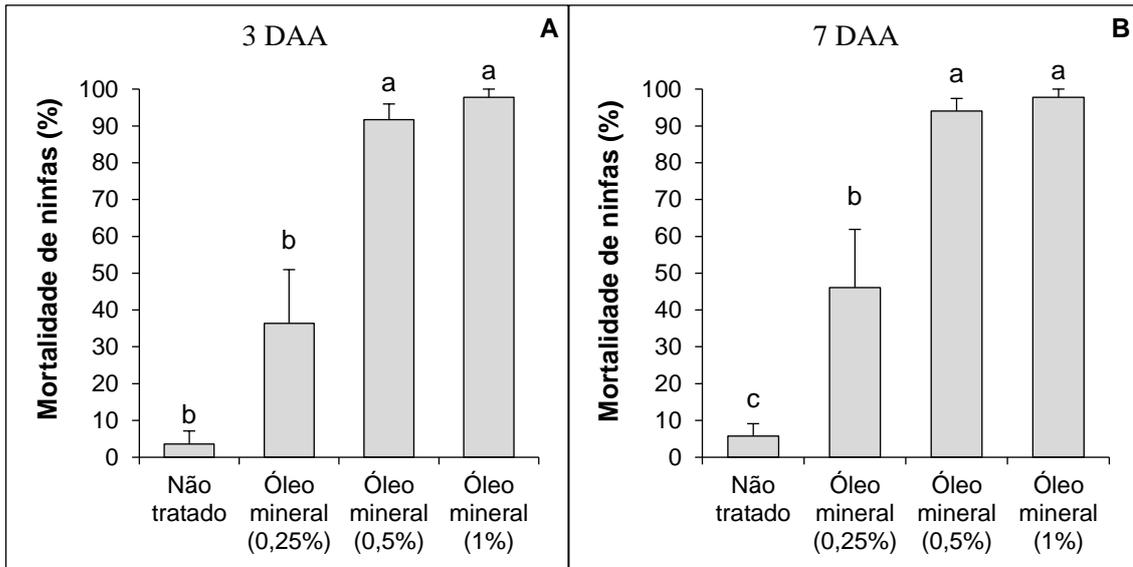


Figura 8. Média (\pm erro padrão) da mortalidade de ninfas de *Diaphorina citri* de terceiro instar em *seedlings* de laranjeira-doce após 3 (A) e 7 (B) dias da aplicação tópica de concentrações de óleo mineral. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3.3 Concentrações de óleo mineral na mortalidade de adultos de *Diaphorina citri*

Na avaliação 1 DAA, do primeiro experimento, o óleo mineral a 1% ocasionou uma maior mortalidade de adultos que as concentrações 0,5 e 0,25%; estas duas concentrações mais baixas não diferiram do controle não tratado ($F_{3,36} = 9,04$; $p < 0,0001$; Fig. 9A). Aos 3 DAA ($F_{3,36} = 11,46$; $p < 0,0001$) e 7 DAA ($F_{3,36} = 7,07$, $p = 0,0007$), houve uma maior mortalidade dos adultos do psilídeo dos citros que foram pulverizados com óleo mineral a 0,5 e 1% em relação ao controle não tratado (Fig. 9B e 9C).

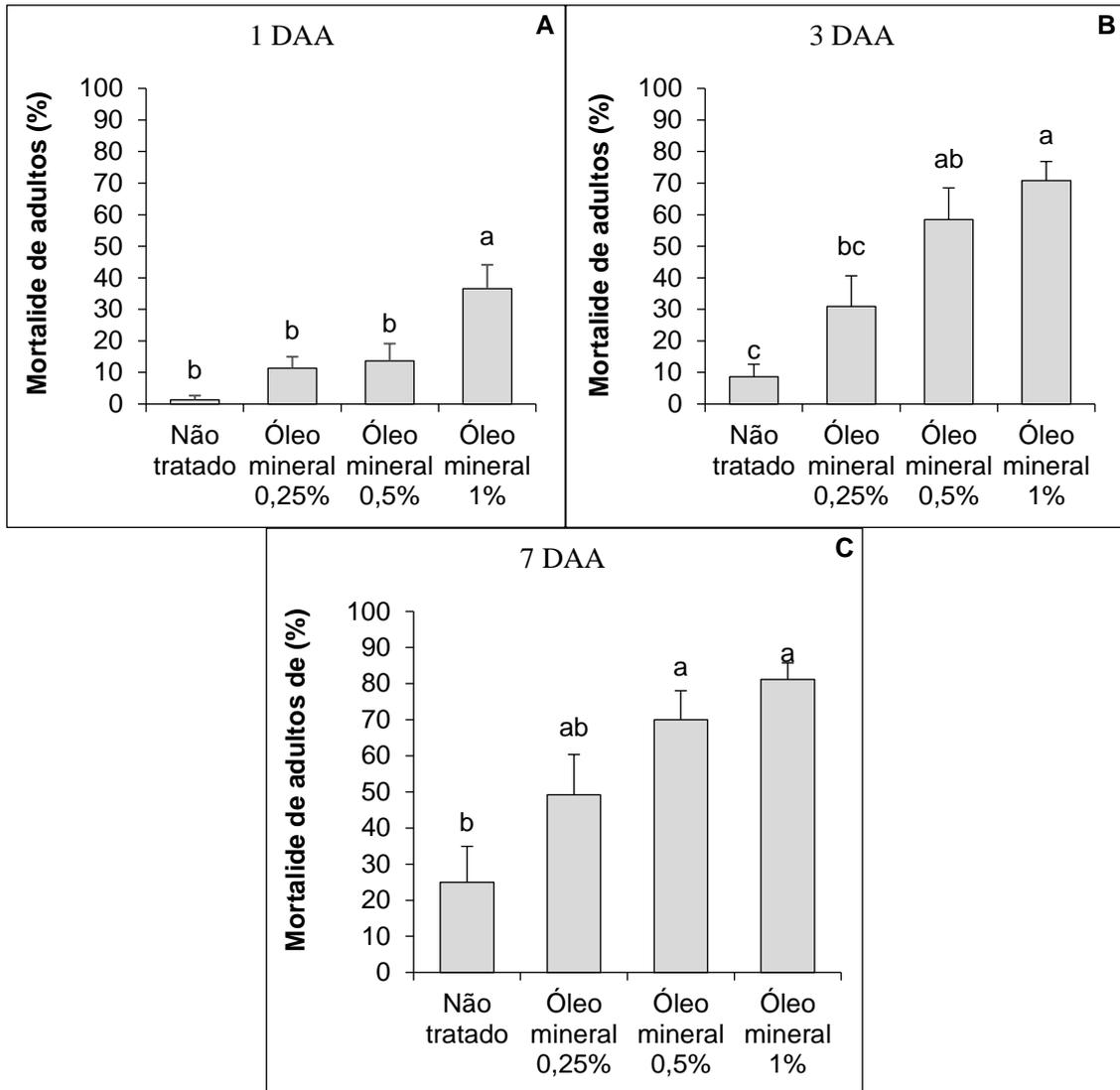


Figura 9. Média (\pm erro padrão) da mortalidade de adultos de *Diaphorina citri* em *seedlings* de laranja-doce após 1 (A), 3 (B) e 7 (C) dias da aplicação tópica (sobre o inseto) de óleo mineral em diferentes concentrações. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Nas avaliações do segundo experimento, 1 DAA (Fig. 10A), o óleo mineral a 1% ocasionou uma mortalidade dos adultos do psilídeo dos citros significativamente maior em relação a concentração de 0,25% e não tratado ($F_{3,36} = 12,13$; $p < 0,0001$). Aos 3 DAA ($F_{3,36} = 11,46$; $p < 0,0001$) e 7 DAA ($F_{3,36} = 13,04$, $p < 0,0001$), houve uma maior mortalidade dos psilídeos dos citros pulverizados com óleo mineral a 1% em relação aos não pulverizados e pulverizados com a concentração de 0,25%; além disso, houve uma maior mortalidade dos psilídeos dos citros pulverizados com a concentração de 0,5% de óleo mineral em relação aos não pulverizados (Fig. 10B e C).

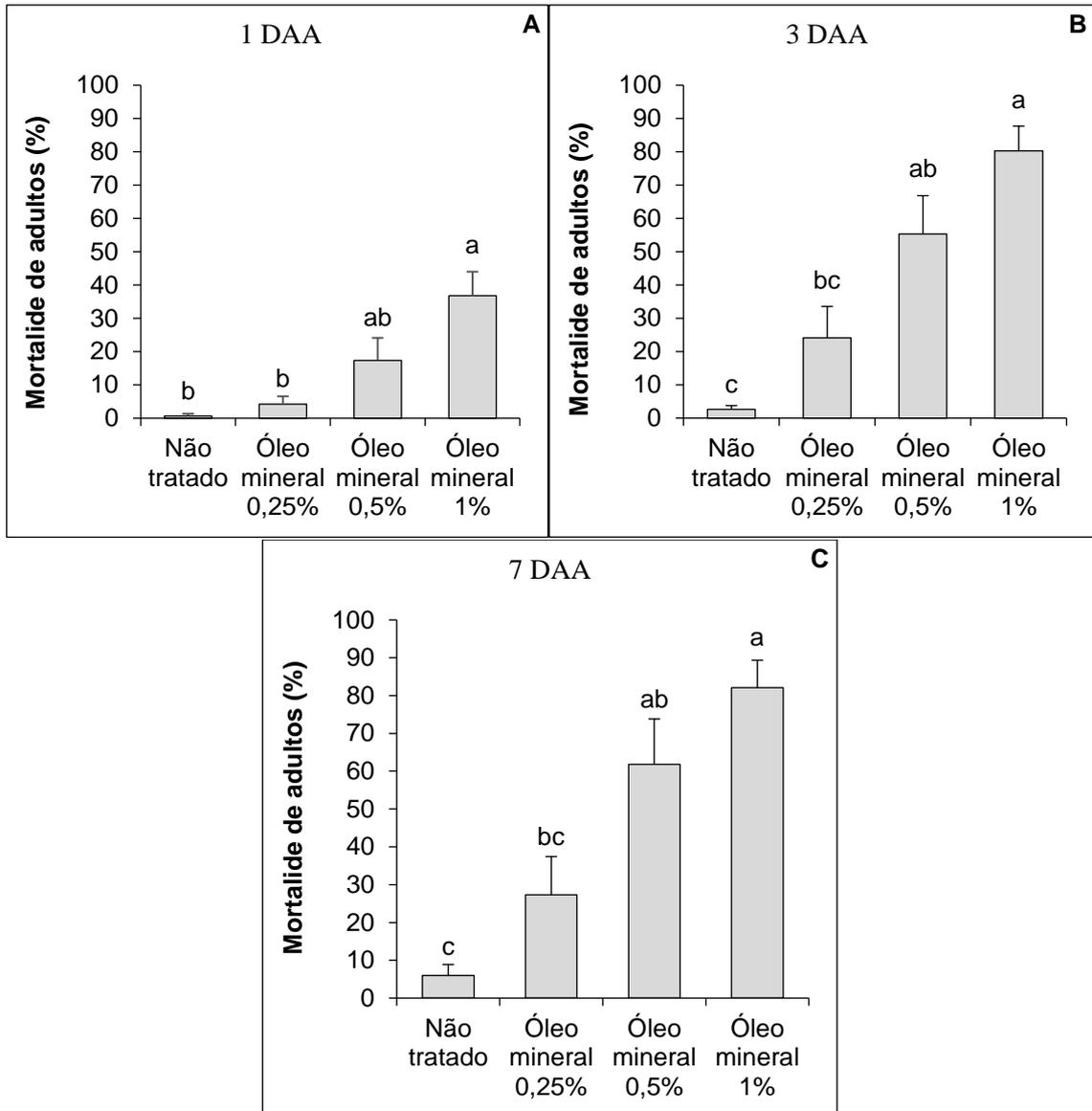


Figura 10. Média (\pm erro padrão) da mortalidade de adultos de *Diaphorina citri* em *seedlings* de laranja-doce após 1 (A), 3 (B) e 7 (C) dias da aplicação tópica de óleo mineral em diferentes concentrações. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

O óleo mineral, em diferentes concentrações, tem sido amplamente utilizado no controle de pragas em diversos cultivos, como em frutas, vegetais e ornamentais (Baliota & Athanassiou, 2023). Esse uso se deve, principalmente, a sua boa eficácia inseticida e ao baixo impacto ambiental. Por estes motivos, o manejo de pragas utilizando óleos minerais se torna um tópico de importantes discussões, inclusive para a citricultura, em que o uso do óleo mineral é eficaz contra diversas pragas, como a cochonilha *A. aurantii* e a larva-minadora-dos-citros *P. citrella* (Schoonees & Giliomee, 1982; Rodrigues et al., 1997). No presente trabalho a eficiência no

controle de *D. citri* foi verificada em diferentes concentrações (0,25%, 0,5% e 1%) de óleo mineral.

De modo geral, o óleo mineral não apresentou efeito ovicida, contudo, teve um efeito significativo na mortalidade de psilídeos dos citros adultos e, principalmente, de ninfas. Embora não tenha sido observada uma ação ovicida, as concentrações de óleo mineral ocasionaram uma mortalidade de mais de 84% das ninfas recém-eclodidas. Smith (1952), sugere que o óleo mineral, quando aplicado sobre os ovos de insetos, pode penetrar no ovo e interferir na atividade enzimática ou hormonal, podendo causar danos no tegumento dos insetos. Contudo, para *D. citri* esse efeito não foi observado. Para as ninfas recém-eclodidas, a deposição do óleo mineral nas superfícies das brotações tratadas pode ter afetado a sua alimentação. Por meio da técnica de EPG, Miranda et al. (2011) verificaram que o óleo mineral (1%) interfere negativamente na alimentação de adultos de *D. citri*. Nas ninfas esse efeito pode ser ainda maior, visto que nessa fase o inseto é menor e possui o aparelho bucal mais curto e sensível. Concomitante a isso, a camada de óleo mineral também pode ter interferido na locomoção das ninfas, que vai ao encontro das observações de Erler (2004), que sugeriu que o psilídeo dos citros da pera, *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae) teve sua locomoção dificultada em superfícies que continham resíduos de óleo mineral aplicado a 1%. Conseqüentemente, ambos os fatores, podem ter sido responsáveis pela alta mortalidade de ninfas recém-eclodidas obtida neste trabalho.

Nos experimentos com aplicação tópica sobre as ninfas de 3º instar de *D. citri*, todas as concentrações de óleo mineral testadas resultaram em uma mortalidade significativamente superior as plantas não tratadas. De modo geral, as concentrações de 0,5 e 1% apresentaram mortalidades mais consistentes entre os experimentos, quando comparadas as plantas não tratadas. Esses resultados, corroboram com os resultados encontrados por Rae et al. (1997), que verificaram que após 8 dias da aplicação das concentrações 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1%, as maiores concentrações de óleo mineral ocasionaram as maiores reduções nas ninfas de *D. citri*. Na citricultura, o óleo mineral é tradicionalmente utilizado como adjuvante na concentração de 0,25% no controle de doenças e pragas dos citros, como manejo de pinta preta (Feichtenberger, 1996) ou controle de larva-minadora-dos-citros (Rodrigues et al., 1997). Assim, baseado nos resultados do presente estudo, nesta concentração, o óleo mineral já poderia contribuir para o controle de ninfas do psilídeo dos citros.

Nos experimentos conduzidos para o controle de psilídeos adultos, observou-se que nas maiores concentrações (0,5 e 1%), houve mortalidade significativa em relação ao não tratado. Leong et al. (2012) relataram que em pomares de Murcott na Malásia, tratados com 0,35% de

óleo mineral, tiveram menores índices de plantas com HLB, se comparadas com as plantas sem aplicação e com plantas que receberam aplicações de inseticidas sintéticos. Além disso, esses autores, avaliaram ramos dessas plantas e observaram uma redução de ovos, ninfas e adultos de *D. citri*. Em um estudo realizado em um pomar da Estação Experimental de Bebedouro, a pulverização quinzenal de óleo mineral a 1% resultou em uma redução de 74 e 77% na quantidade de ninfas e adultos, respectivamente, quando comparado com plantas não tratadas (Miranda et al., dados não publicados).

De modo geral, os resultados do presente estudo confirmam a eficácia do óleo mineral para o controle de ninfas e adultos de *D. citri*. Isso corrobora com o embasamento teórico, que descreve o mecanismo de ação do óleo mineral por asfixia, sufocando os insetos e interrompendo seu ciclo de vida (De Ong et al., 1927; Johnson, 1985; Rodrigues & Childers, 2002; Beattie, 2005). Além de controlar o psilídeo dos citros, o óleo mineral na concentração de 1% também apresenta um efeito repelente sobre adultos deste inseto (Micelli 2011).

Recentemente, a resistência de *D. citri* a inseticidas (bifentrina, imidacloprido e malationa) foi reportado no parque citrícola de São Paulo (Fundecitrus, 2023d). Portanto, o uso do óleo mineral pode ser uma estratégia eficaz para o controle de insetos resistentes a inseticidas e, ainda, reduzir a pressão de seleção de populações resistentes, uma vez que o óleo mineral apresenta um modo de ação completamente distinto dos inseticidas químicos convencionais. Conseqüentemente, seria interessante realizar um estudo de mistura de inseticidas com óleo mineral na concentração de 0,5% (considerando o custo-benefício), para controle de populações do psilídeo dos citros resistentes a inseticidas.

Um ponto importante é a escolha do óleo mineral, para isso, deve ser levado em consideração a composição química do óleo (concentração de óleo e grau de pureza). Comparar diferentes formulações de óleo mineral dentre os óleos disponíveis no mercado, pode ajudar na seleção daquele com maior capacidade inseticida e menor probabilidade de efeitos adversos (fitotoxicidade) a planta. No presente estudo, o produto utilizado apresenta uma concentração de 92% de óleo mineral e não foi observado fitotoxicidade nas plantas de citros durante o período de avaliação dos experimentos. Ressalta-se ainda a importância de uma boa cobertura de pulverização durante a aplicação para garantir a eficácia do tratamento. Dessa forma, são necessários estudos de campo em diferentes condições climáticas para validar os resultados que foram obtidos em condições controladas.

Baliota & Athanassiou (2023) destacam diversas vantagens na utilização do óleo mineral quando aplicado corretamente, pois o mesmo, como o fato de que o óleo apresenta baixo risco para insetos polinizadores, assim como para o consumo humano, conforme

ressaltado pela European Food Safety Administration (EFSA) em 2008. Essas características o tornam uma escolha favorável para ser introduzido no manejo integrado de pragas, promovendo um controle eficaz e sustentável.

Os resultados deste estudo demonstraram claramente que o óleo mineral, em diferentes concentrações, afeta negativamente ninfas e adultos de *D. citri*. Com isso, foi possível determinar a melhor concentração a ser utilizada de acordo com a fase de vida do psíldeo dos citros predominante no pomar de citros. Estes resultados reforçam a importância da utilização do óleo mineral no manejo integrado do psíldeo dos citros. A integração desta prática, com outras táticas de manejo do psíldeo dos citros, como por exemplo, a utilização do caulim processado, controle biológico e controle químico, podem representar uma solução eficaz e sustentável no controle do psíldeo em pomares citrícolas e, conseqüentemente, a redução da incidência de HLB.

5 CONCLUSÃO

As concentrações de 0,25, 0,5 e 1% de óleo mineral avaliadas não apresentam efeito ovicida quando aplicadas topicamente sobre ovos de *D. citri*;

As concentrações de 0,25, 0,5 e 1% de óleo mineral apresentam um efeito residual, causando mortalidade significativa em ninfas de primeiro-instar de *D. citri* eclodidas dos ovos tratados;

Em aplicação tópica, as concentrações de 0,25, 0,5 e 1% de óleo mineral ocasionam mortalidade significativa em ninfas de terceiro-instar de *D. citri*;

Em aplicação tópica, as concentrações de 0,5 e 1% de óleo mineral ocasionam mortalidade significativa em adultos de *D. citri*.

6 REFERÊNCIAS

Agnello, A. M. 2002. Petroleum-derived spray oils: chemistry, history, refining and formulation. In: Beattie, G.A.C., Watson, D.M., Stevens, M.L., Rae, D.J., Spooner-hart, R.N. (eds). 1999. **Spray oils beyond 2000** - Sustainable pest and disease management. Sydney, New South Wales, Australia. University of Western Sydney: 2–18

Aubert, B. 1987. *Trioza erythrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of Citrus Greening Disease: Biological aspects and possible control strategies. **Fruits** 42: 149-162.

Ayres, A.J., Sala, I., Miranda, M.P., Wulff, N., Bassanezi, R.B., Lopes, S.A. 2018. Manejo do greening: 10 mandamentos para o sucesso no controle da doença. 1ª edição. Araraquara: **Fundecitrus**. 63p.

Baliota, G.V., Athanassiou, C.G. 2023. Use of paraffin oils in agriculture and beyond: back to the future. **Environ Sci Pollut Res** 30: 2392–2405.

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(3): 251–264.

Bassanezi, R.B., Miranda, M.P., Lopes, S.A. Behlau, F. Silva Junior, G.J., Sala, I. 2017. Influência de pragas e doenças na qualidade do suco de laranja. **Revista do Citricultor** 41: 12-13.

Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gasparoto, M.C.G., Bergamin, A., Amorim, L. 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology** 130(4): 577–586.

Beattie, A. 2005. Using petroleum-based spray oils in citrus. <Disponível em: <http://mvcitrus.org.au/mvcb/wp-content/uploads/2012/09/Petroleum-Sprays-Citrus.pdf>>.

Acesso em: 25 de setembro de 2023.

Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 88: 7-37.

Cifuentes-Arenas J.C., Goes, A., Miranda, M.P., Beattie, G.A.C., Lopes, S.A. 2018. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **PLoS ONE** 13: 1-17.

CitrusBR. 2021. Secretaria de Agricultura de São Paulo e Fundecitrus firmam parceria pela sustentabilidade da citricultura. <Disponível em: <https://citrusbr.com/noticias/secretaria-de-agricultura-de-sao-paulo-e-fundecitrus-firmam-parceria-pela-sustentabilidade-da-citricultura-2021>>. Acesso em: 15 de março de 2024.

Coletta-Filho, H. D.; Targon, M.L.P.N.; Takita, M.A.; De Negri, J.D.; Pompeu Jr, J.; Machado, M.A.; do Amaral, A.M.; Muller, G.W. 2004. First Report of the Causal Agent of Huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease** 88: 1382-1382.

De Ong, E.R.; Knight, H.; Chamberlin, J.C. 1927. A preliminary study of petroleum oil as an insecticide for citrus trees. **Hilgardia** 2: 251- 384.

Demétrio, C.G.B., Hinde, J., Moral, R.A. 2014. Models for Overdispersed Data in Entomology. In: **Ecological Modelling Applied to Entomology**: 219–259.

Erler F. 2004. Oviposition deterrence and deterrent stability of some oily substances against the pear psylla *Cacopsylla pyri*. **Phytoparasitica** 32: 479–485

European Food Safety Authority (EFSA). 2008. Conclusion on pesticide peer review regarding the risk assessment of the active substance paraffin oils. **EFSA Scientific Report** 216:1–59

Feichtenberger, E. 1996. Mancha preta dos citros no Estado de São Paulo. **Laranja** 17: 93- 108.

Fundecitrus. 2021. Fundo de defesa da citricultura. **Citricultura sustentável**: o ouro das arvores. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/Citricultura_Sustentavel_16-03-2021.pdf>. Acesso em: 15 de set. de 2023.

Fundecitrus. 2021b. Fundo de defesa da citricultura. **Brotação e psilídeo:** entenda a relação de atratividade, contaminação e dispersão do inseto e da bactéria do greening nas plantas de citros. Disponível em: < <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/brotacao-e-psilideo-entenda-a-relacao-de-atratividade-contaminacao-e-dispersao-do-inseto-e-da-bacteria-do-greening-nas-plantas-de-citros/1066> >. Acesso em 17 de set de 2023

Fundecitrus. 2023a. Fundo de defesa da citricultura. **Citricultura sustentável.** Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/citriculturasustentavel>>. Acesso em: 16 set. de 2023

Fundecitrus. 2023b - Fundo de defesa da citricultura. **Urgência:** Greening é coisa séria. (1Min e 18seg). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=N1R18IP1yeg>>. Acesso em: 16 de set. de 2023

Fundecitrus. 2023c. **Greening avança no cinturão citrícola e demanda ações efetivas do setor para reduzir incidência nos pomares.** Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/greening-avanca-no-cinturao-citricola-e-demanda-aco-es-efetivas-do-setor-para-reduzir-incidencia-nos-pomares/1359>>. Acesso em: 27 de ago de 2023

Fundecitrus. 2023d. Fundo de defesa da citricultura. **Alerta:** Pesquisa confirma início da resistência do psilídeo a organofosforado. Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/alerta-pesquisa-confirma-inicio-da-resistencia-do-psilideo-a-organofosforado/1367>>. Acesso em 20 de set de 2023

Fundecitrus. 2024. Fundo de defesa da citricultura. **Relatório de reestimativa da safra de laranja 2024/25 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro – cenário em setembro/2023.** Disponível em: < https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2024_05_10_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2024-2025.pdf >. Acesso em: 26 de maio de 2024.

García-Méndez, V. H., Ortega, L., Villanueva-Jimenez, J.A., Osorio-Acosta, F. 2019. Resistencia de *Diaphorina citri* Kuwayama a Insecticidas en Cinco Áreas Regionales de Control en México. **Southwestern Entomologist** 44: 947-954.

Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. 2008. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, 50, 346–363.

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.

Johnson, W.T. 1985. Horticultural oils. **Journal of Environmental Horticulture** 3: 188-191.

Leong, S. C. T., Abang, F., Beattie, A., Kueh, R. J. H., & Wong, S. K. 2012. Impacts of Horticultural Mineral Oils and Two Insecticide Practices on Population Fluctuation of *Diaphorina citri* and Spread of Huanglongbing in a Citrus Orchard in Sarawak. **The Scientific World Journal**: 1–7.

Liu, Y. H. & Tsai, J. H. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). **Annals of Applied Biology** 137: 201–206.

Meng L., Cheng X., Xia C. & Zhang H. 2022. Effect of host plants on development and reproduction of *Diaphorina citri* and their host preference. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 170: 700–707.

Micelli, M.L.C. 2011. Efeito do óleo mineral sobre a preferência e residual de inseticidas no controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. 29 f. **Dissertação de mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de defesa da citricultura.

Miranda, M.P., Noronha Jr, N.C., Marques, R.N., 2011. Alternativas para o manejo do vetor do greening no Brasil. In: **Avanços em fitossanidade**. Botucatu: UNESP/FEPAF. p. 143–163.

Miranda, M.P., Scapin, M.S., Vizoni, M.C., Zanardi, O.Z., Eduardo, W.I., Volpe, H.X.L. 2021. Spray volumes and frequencies of insecticide applications for suppressing *Diaphorina citri* populations in orchards, **Crop Protection** 140, 105406.

Miranda, M.P., Volpe, H.X.L., Sala, I., 2020. Manejo do psilídeo dos citros, *Diaphorina citri*. <Disponível em: <https://valtra.coopercitrus.com.br/noticias-locais/manejo-do-psilideo-dos-citros-diaphorina-citri/>> Acesso em 18/04/2024.

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: Lividae). **Pest Management Science** 74:1964–1972

Naeem, A., Freed, S., Jin, F.L., Akmal, M., Mehmood, M. 2016. Monitoring of insecticide resistance in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) from citrus groves of Punjab, Pakistan. **Crop Protection** 86: 62–68.

Nava, D.E., Torres, M.L.G., Rodrigues, M.D.L., Bento, J.M.S., Parra, J.R.P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal Applied Entomology** 131: 709-715.

Nelder, J.A.; Wedderburn, R.W.M. 1972. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society** 135: 370-384.

Pardo, S., Martinez, A.M., Figueroa, J.I., Chavarieta, J.M., Viñuela, E., Rebollar-Alviter, A., Miranda, M.A., Valle, J., Pineda, S. 2018. Insecticide resistance of adults and nymphs of Asian citrus psyllid populations from Apatzingán Valley, Mexico. **Pest Management Science** 74: 135-140.

Parra, J. R. P., Lopes, J.R.S., Torres, M.L.G., Nava, D.E., Paiva, E.B. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. **Citrus Research & Technology** 31: 37-51.

Poerwanto, M. E., Trisyono, Y. A., Beattie, G. A. C., Subandiyah, S., Martono, E. & Holford, P. 2012. Olfactory responses of the Asiatic Citrus Psyllid (*Diaphorina citri*) to Mineral Oil-Treated Mandarin Leaves. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 7(1): 50-55.

Poerwanto, M., 2023. Trapping and Repellent Techniques for Huanglongbing Management in Citrus Orchards: Innovative Strategies to Combat Vector-Mediated Disease Transmission. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. 1242. 012014.

Poltronieri, A. S. 2013. Bases para o manejo da resistência de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) ao inseticida neonicotinoide imidacloprid em pomares de citros. **Tese de Doutorado**, Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

R development core team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**.

Rae, D. J.; Liang, W. G.; Watson, D. M.; Beattie, G. A. C.; Huang, M. D., 1997. Evaluation of petroleum spray oils for control of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in China. **International Journal of Pest Management**, Lanham, v. 43, n. 1, p. 71-75.

Ramírez-Sánchez, A. K., Rodriguez-Maciel, J.C., Lagunes Trejeda, A., Bautista-Martinez, N., Reyes, M.A.T., Pardo-Melgarejo, S. 2023. Intraorchard Variation of Resistance to Imidacloprid in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) Adults. **Journal of Entomological Science** 58: 266-276.

Riehl, L.A. 1969. Advances relevant to narrow-range spray oils or citrus pest control. **Proceedings of the First International Citrus Symposium** 2: 897-907.

Rodrigues J.C.V. & Childers C.C. 2002. Óleos no manejo de pragas e doenças em citros. **Laranja** 23: 77-100.

Rodrigues, J.C.V. 1997. Controle químico da lagarta minadora dos citros em borbulheira de laranja doce. **Laranja** 18: 85-98.

Schoonees, J. & Giliomee, J.H. 1982. The residual toxicity of field-weathered thripicide and spray oil residues on citrus leaves to *Aphytis sp.*, a parasitoid of the citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Mas k). **Journal of the Entomological Society of Southern Africa** 42: 275-281.

Smith, E.H. 1952. Tree spray oils. Agricultural Applications of Petroleum Products. **American Chemical Society**: 3-11.

Teixeira, D. C., Danet, J.L., Eveillard, S., Martins, E.C., Jesus Jr, W.C., Yamamoto, P.T., Lopes, S.A., Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., Saillard, C., Bové, J.M. 2005. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the “*Candidatus*” *Liberibacter* species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes** 19: 173–179.

Tian, F., Mo, X., Rizvi, S.A.H., Li, C., Zeng, X. 2018. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Guangdong of China. **Scientific Reports** 8: 12587.

Tiwari, S., Mann, R.S., Rogers, M.E., Stelinski, L.L. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. In: **Pest Management Science** 67: 1258–1268.

Vázquez-García, M. V., Velázquez-Monreal, J.J., Medina-Urrutia, V.M., Vargas, C.J.C. 2013. Insecticide Resistance in Adult *Diaphorina citri* Kuwayama from Lime Orchards in Central West Mexico. **Southwest Entomologist** 38: 579-596.

Yang, Y., Beattie, A.C., Spooner-Hart, R.N., Huang, M., 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 applicate** 147: 33 – 49.

Yi, T., Lei, L., He, L., Yi, J., Li, L., Dai, L., Hong, Y. 2020. Symbiotic fungus affected the asian citrus psyllid (ACP) resistance to imidacloprid and thiamethoxam. **Frontiers in Microbiology** 11: 522164.

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. **J Appl Entomol.** ;145:326–335.