

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL EM
CONTROLE DE DOENÇAS E PRAGAS DOS CITROS**

FERNANDO DE PIETRO FRANCO ZORZENON

Fatores abióticos e bióticos associados ao período crítico de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Liviidae) em regiões do estado de São Paulo

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. Arthur Fernando Tomaseto

**Araraquara
Abril 2019**

FERNANDO DE PIETRO FRANCO ZORZENON

Fatores abióticos e bióticos associados ao período crítico de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Liviidae) em regiões do estado de São Paulo

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. Arthur Fernando Tomaseto

**Araraquara
Abril 2019**

Z888f Zorzenon, Fernando de Pietro Franco
Fatores abióticos e bióticos associados ao período crítico de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Liviidae) em regiões do estado de São Paulo / Fernando de Pietro Franco Zorzenon, 2019.
34 f.

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda
Coorientador: Dr. Arthur Fernando Tomaseto

Dissertação (Mestrado) – Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, 2019.

1. HLB 2. Greening 3. Huanglongbing 4. Flutuação populacional 5. Brotação 6. Condições meteorológicas 7. Citros 8. Picos populacionais 9. Psilídeo asiático dos citros I. Título

FERNANDO DE PIETRO FRANCO ZORZENON

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

Araraquara, 24 de abril de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Rodrigo Neves Marques
UFSCAR – Araras/SP

Dr. Renato Beozzo Bassanezi
Fundecitrus – Araraquara/SP

Dr. Marcelo Pedreira de Miranda
Fundecitrus – Araraquara/SP

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por iluminar em todos os meus caminhos e decisões escolhidas, difíceis ou fáceis.

Aos meus familiares, em especial ao meu pai e minha mãe, por toda a estrutura e apoio fornecido em todos os momentos de minha vida.

A minha noiva maravilhosa, Amanda Caroline Zito, por fazer meus dias melhores com apenas um sorriso ou poucas palavras, além de toda a ajuda no desenvolvimento desta dissertação.

À Citrosuco por proporcionar essa grande experiência pessoal e profissional. Em especial, ao meu gestor Helton Leão pelo apoio e compreensão. Também, aos meus amigos Mauro Mascaro e Marcello Ferreira por me ajudarem a organizar e tabular todos os dados para o presente estudo e Denis Marin pelo companheirismo.

Ao Fundecitrus e seus profissionais por todos os ensinamentos passados a mim e contribuição para a citricultura brasileira.

Ao meu orientador Dr. Marcelo Miranda, coorientador Dr. Arthur Tomaseto e, é claro, Amanda Oliveira pelo apoio e paciência na conclusão desta dissertação.

Ao Dr. Matthew Daugherty da Universidade da Califórnia localizada em Riverside/EUA pelo auxílio nas correlações dos dados.

Ao Prof. Dr. João Roberto Spotti Lopes da ESALQ/USP pelo auxílio no desenvolvimento e planejamento da dissertação.

Aos Dr. Odimar Zanardi e Dr. Haroldo Volpe por me auxiliarem nas melhorias de minha dissertação por meio da participação na banca de qualificação.

A toda turma do meu ciclo do Mastercitrus pelas amizades e troca de experiências que, com certeza, valerão muito durante toda minha trajetória profissional.

Fatores abióticos e bióticos associados ao período crítico de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Liviidae) em regiões do estado de São Paulo

Autor: Fernando De Pietro Franco Zorzenon

Orientador: Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientador: Arthur Fernando Tomaseto

Resumo

Huanglongbing (HLB) é considerado a doença mais destrutiva da citricultura mundial. Segundo dados do último levantamento do Fundecitrus realizado em 2018, o HLB está presente em 18,15% das laranjeiras comerciais no Estado de São Paulo. No Brasil, as bactérias associadas ao HLB são *Candidatus Liberibacter americanus* e *Ca. L. asiaticus*, que são disseminadas no campo pelo psílídeo *Diaphorina citri*. Por conta disso, o controle desse inseto nos pomares representa uma das estratégias de manejo do HLB. A relevância da disseminação primária da doença (insetos provenientes de áreas externas) indica o quão é importante o conhecimento de fatores que influenciam na dispersão do vetor. Embora existam estudos de correlação do vetor com fatores bióticos e abióticos, estes consideraram a população residente do inseto e, em geral, com baixa série de dados temporal e espacial. Desta forma, o presente trabalho foi realizado com um vasto banco de dados, considerando apenas insetos oriundos de áreas externas às propriedades, com o objetivo de determinar o período crítico de dispersão de *D. citri* e os fatores bióticos e abióticos que podem influenciar nesse processo. As análises consideraram o número médio de adultos *D. citri* por cartão adesivo amarelo (abundância) e a proporção de cartões com pelo menos um indivíduo capturado (ocupação). De maneira geral, o período crítico de dispersão de *D. citri* ocorreu entre o final do inverno e primavera (meados de julho a novembro), com 65% dos psílídeos capturados nesse período. Observou-se que a redução da umidade relativa do ar teve um efeito significativo na dispersão de *D. citri*, com maior média de psílídeos capturados por cartão adesivo amarelo e proporção de cartões com capturas. A redução da temperatura máxima estimulou a dispersão de *D. citri*, com uma maior proporção de cartões com capturas (ocupação) em áreas com manejo. Chuvas acumuladas e aumento das temperaturas máxima e mínima retroativa (3 semanas) resultaram em uma maior emissão de fluxo vegetativo, sendo este último associado a uma maior ocupação de *D. citri* nas áreas com manejo. Este trabalho, por meio de uma longa série temporal e espacial, demonstrou o comportamento sazonal de *D. citri* e o efeito de fatores bióticos e abióticos nesse processo, em condições de campo. Estes resultados juntamente com outras pesquisas realizadas pelo Fundecitrus e outras instituições de pesquisa, ajudarão no estabelecimento de um sistema de previsão de picos populacionais de *D. citri*.

Palavras-chave: HLB, Greening, Huanglongbing, Flutuação populacional, Brotação, Condições meteorológicas, Citros, Picos populacionais, Psílídeo asiático dos citros.

Abiotic and biotic factors associated with critical period of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Liviidae) dispersal in São Paulo state regions

Author: Fernando De Pietro Franco Zorzenon

Advisor: Marcelo Pedreira de Miranda

Co-advisor: Arthur Fernando Tomaseto

Abstract

Huanglongbing (HLB) is considered the most destructive citrus disease worldwide. According to the last Fundecitrus survey conducted in 2018, HLB is present in 18.15% of the commercial orange trees in São Paulo state. In Brazil, HLB associated bacteria are *Candidatus Liberibacter americanus* and *Ca. L. asiaticus*, which are spread on field by the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri*. Due to this fact, the psyllid control in groves represents one of the management strategies of the disease. The relevance of the disease primary spread (psyllids from external inoculum sources) indicates how important is the knowledge of factors that can influence the vector dispersal. Although there are studies correlating the psyllid population with biotic and abiotic factors, they only considered the resident psyllid population and, in general, with short temporal and spatial series data. Thus, the present work was conducted with a huge database, considering only psyllids that came from external sources of inoculum, with the objective to determine the critical dispersal periods of *D. citri* and the biotic and abiotic factors that can influence this process. Analyses considered the mean number of psyllids per yellow sticky cards (abundance) and the proportion of cards with at least one psyllid captured (occupation). In general, the critical dispersal period of *D. citri* occurred between the end of winter and the spring (from mid-July to November), with 65% of psyllids being captured in this period. It was observed that reduced relative humidity values resulted in significant effect on *D. citri* dispersal, with high mean of psyllids per yellow sticky cards and proportion of cards with capture. The maximum temperature reduction promoted the *D. citri* dispersal, with high proportion of yellow sticky cards with capture (occupation) in managed areas. Accumulated rain and the increase of retroactive maximum and minimum temperature (3 weeks before) promoted vegetative flush development, and the vegetative flushes were positively associated with both *D. citri* high occupation in managed areas. This study, considering a long temporal and spatial series, demonstrated the *D. citri* seasonal behavior and the effect of biotic and abiotic factors in this process. These results, with other studies performed at Fundecitrus and other research institutions, will help to establish a *D. citri* outbreaks forecast system.

Keywords: HLB, Greening, Huanglongbing, Population fluctuation, Vegetative flushing, Meteorological conditions, Citrus, Population picks, Asian citrus psyllid.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. MATERIAL E MÉTODOS	06
2.1 Coleta de dados meteorológicos e de captura de <i>Diaphorina citri</i>	06
2.2 Análise de dados	08
2.2.1 Efeito de fatores abióticos na dispersão de populações de <i>Diaphorina citri</i>	09
2.2.2 Efeito de fatores abióticos nos estádios vegetativos dos citros e na dispersão de populações de <i>Diaphorina citri</i>	09
3. RESULTADOS	12
3.1 Efeito de fatores abióticos na dispersão de populações de <i>Diaphorina citri</i>	12
3.2 Efeito de fatores abióticos nos estádios vegetativos dos citros	18
3.3 Efeito de fatores abióticos e bióticos na dispersão de populações de <i>Diaphorina citri</i>	21
4. DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A citricultura do Estado de São Paulo, Triângulo Mineiro e Sudoeste do Estado de Minas Gerais possui 465,63 mil hectares de citros com maior concentração em São Paulo, o qual representa 60% de toda a área produtiva de citros no Brasil. Nesta região, áreas comerciais com produção de laranja doce representam cerca de 86,2% em detrimentos aos demais citros (Fundo de Defesa da Citricultura, 2018). Atualmente, o Brasil tem posição de destaque como maior produtor e exportador de suco de laranja do mundo. Sua produção foi estimada em 285,98 milhões de caixas de 40,8 Kg na safra 2018/19, com média de produtividade fixada em 756 caixas por hectare (Fundo de Defesa da Citricultura, 2019). As exportações de sucos *Frozen Concentrated Orange Juice* (FCOJ) e *Not From Concentrate* (NFC) convertidas a 66° Brix detiveram 1,2 milhões de toneladas nos primeiros nove meses da safra 2018/19 (julho de 2018 a março de 2019), com receita estimada em 1,8 bilhões de dólares (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos, 2019).

Huanglongbing (HLB) é considerada a doença mais destrutiva da citricultura mundial (Bové, 2006; Gottwald et al., 2007) e, conseqüentemente, o principal problema da cadeia citrícola. Esta doença está presente de forma endêmica há décadas em países dos continentes asiático e africano e tornou-se mais evidente nos anos de 2004 e 2005 ao ser detectada no Brasil (Colleta Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005a, 2005b) e nos Estados Unidos da América (Halbert, 2005), sendo estes os dois principais países produtores de suco de laranja.

Seus prejuízos estão diretamente relacionados a alterações na fisiologia da planta em resposta à ação do patógeno (Kim et al., 2009; Fan et al., 2010; Folimonova & Achor, 2010). Os danos em frutos podem ser observados a partir da redução do tamanho, assimetria em sua formação, abortamento de sementes, aumento no teor de acidez e queda prematura acentuada (Bové, 2006). Plantas sintomáticas apresentam mosqueamento assimétrico entre quadrantes de folhas (diferentes tons de coloração verde-claro e verde-escuro) que podem evoluir para amarelamento nos ramos afetados da planta (Da Graça, 1991). Estes danos assolam toda a cadeia produtiva e os custos de produção se elevam pela oneração do manejo (Irey et al., 2008; Belasque Júnior & Bassanezi, 2010) e podem chegar a perdas de até 80% de produção se comparado com plantas sadias (Bassanezi et al., 2011).

Segundo dados do último levantamento do Fundecitrus realizado em 2018, o HLB está presente em 18,15% das laranjeiras comerciais no Estado de São Paulo contra 16,73% no ano anterior. Este resultado corresponde a mais de 35 milhões de plantas com a doença no cinturão

citrícola de São Paulo e Triângulo e Sudoeste Mineiro. Além disso, reforça que se faz necessária a intensificação do manejo dentro e fora das propriedades para que não inviabilize a produção nestas regiões (Fundo de Defesa da Citricultura, 2018).

Os agentes etiológicos associados ao HLB são as bactérias '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' e '*Ca. Liberibacter americanus*' (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005a), transmitidas pelos psíldeos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) que ocorrem nos continentes asiático e americano (Capoor et al., 1967; Martinez & Wallace, 1967; Teixeira et al., 2005a, Yamamoto et al. 2006), e por *Trioza erytrae* (Del Guercio) (Hemiptera: Triozidae) responsável pela transmissão da bactéria '*Ca. Liberibacter africanus*' em países da África (McClellan & Oberholzer, 1965). Além de '*Ca. Liberibacter spp.*', há relatos na literatura de associação de fitoplasmas com plantas apresentando sintomas similares ao HLB (Teixeira et al., 2008; Chen et al., 2009; Barbosa, 2010; Arratia-Castro et al., 2014).

As bactérias associadas a esta doença são gram-negativas (Garnier et al., 1984) restritas ao floema, não cultiváveis em meio de cultura e classificadas na subdivisão alfa de Proteobacteria (Jagoueix et al., 1994). Sabe-se que não existem medidas curativas após a infecção e que, até o momento, todas as espécies do gênero *Citrus* podem ser afetadas (Bové, 2006; Gottwald et al., 2007). Esses patógenos tem a capacidade de sobreviver e multiplicar dentro do psíldeo vetor (Inoue et al., 2009) e são adquiridos e inoculados com maior eficiência quando a alimentação ocorre no estágio de ninfa (Pelz-Stelinski et al., 2010). Estima-se que a transmissão seja do tipo persistente propagativa, que consiste na circulação e multiplicação do patógeno dentro do vetor durante um período de latência média de 16,8 e 17,8 dias para quando a aquisição for por ninfas e adultos, respectivamente (Ammar et al., 2011, Canale et al., 2017). Como complemento, a partir da aquisição no estágio de ninfa, o inseto tem a capacidade de transmitir a bactéria por todo seu ciclo de vida (Canale et al., 2017).

O controle da população do vetor nos pomares representa uma das estratégias de manejo da doença juntamente com a erradicação de plantas infectadas para redução do inoculo nas áreas afetadas e plantio de mudas sadias (Bové, 2006, Belasque Júnior et al., 2009). A partir de 2004, auxiliado pela Legislação Federal (Instrução Normativa N°10 de 18/03/2005 substituída pela Instrução Normativa N°53, de 16/10/2008), foi determinada a obrigatoriedade da remoção de todas as árvores cítricas comprovadamente infectadas com HLB (Brasil, 2008). O manejo consiste em diferentes estratégias que devem ser aplicadas de forma conjunta como: utilização de mudas sadias de viveiros certificados, inspeções e erradicação de plantas sintomáticas, controle químico de *D. citri* com inseticidas e monitoramento de sua população por meio de

inspeções visuais e cartões adesivos amarelos na bordadura de lotes e perímetro da fazenda (Bové, 2006; Belasque Júnior & Bassanezi, 2010).

O controle químico do inseto vetor é uma das formas mais eficientes e usadas para o manejo do HLB e consiste em ações realizadas desde a produção de mudas no viveiro até em pomares em formação e produção. A utilização de inseticidas de contato registrados para citros é eficiente, com período de controle de 7 a 28 dias, dependendo da concentração utilizada, condições climáticas e estágios vegetativos. Levando-se em consideração o período residual do inseticida e o ciclo do psíldeo *D. citri*, pulverizações quinzenais em pomares em produção reduzem de forma muito significativa o risco de disseminação secundária da doença pela não conclusão do ciclo de desenvolvimento do vetor (Miranda et al., 2017). Ademais, pulverizações mais frequentes em épocas de brotações são recomendadas para aumentar a eficiência de prevenção a infecções (De Carli et al., 2018).

Um dos fatores mais importantes inserido na epidemiologia da doença é a disseminação primária (Bergamin-Filho et al., 2016). Em situações em que as estratégias de manejo são realizadas apenas em uma ou poucas propriedades inseridas em uma região afetada pela doença, observa-se apenas a redução da disseminação secundária, ou seja, movimento do vetor entre plantas oriundas do mesmo pomar, mas não impedem a infecção primária por meio de psíldeos infectivos oriundos de áreas vizinhas à propriedade. Devido a este agravante, recomenda-se o manejo regional do HLB, que consiste em ações internas e externas à propriedade de maneira conjunta com outros produtores da mesma região (Bassanezi et al., 2010; Bassanezi, 2013).

Um manejo completo interno da doença com ações voltadas para inspeção e erradicação de plantas sintomáticas, monitoramento de *D. citri* e pulverização com inseticida para o controle deste inseto, somadas com a remoção de fontes de inoculo localizadas externamente à área comercial e, ainda, utilização do controle biológico por *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) como uma ferramenta adicional, proporcionaram redução no progresso da incidência de HLB (Michigami, 2015). Uma única planta de citros contaminada pela bactéria associada ao HLB fora da área comercial, pode ser fonte de milhares de psíldeos infectivos que irão comprometer o resultado de ações realizadas internamente à propriedade. Por causa disso, mapeamento e gestão de informações destas áreas externas, somado com a conscientização dos responsáveis por meio de equipes de transferência de tecnologia e informação, são primordiais para o sucesso do manejo (Fundo de Defesa da Citricultura, 2018). Levando-se em consideração outras plantas hospedeiras, a infecção de *Ca. L. asiaticus* em plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) é transiente, ou seja, reduz com o tempo e, conseqüentemente, a planta não seria uma fonte de inoculo eficiente da bactéria (Lopes et al., 2006). Com relação aos agentes

de controle biológico, o parasitoide *T. radiata* proporciona uma taxa de parasitismo estimada entre 27,5% e 80% no Estado de São Paulo (Gómez Torres et al., 2006; Parra et al., 2010) e a pulverização dos fungos entomopatogênicos *Isaria fumosorosea* ESALQ-1296 e *Beauveria bassiana* ESALQ-PL63 podem apresentar eficiência superior a 80% na mortalidade de adultos de *D. citri* (Ausique et al., 2017).

Sabe-se que plantas localizadas no perímetro das propriedades estão mais sujeitas à infecção dos agentes associados ao HLB devido à chegada de insetos infectivos oriundos de fontes externas de inóculo (Bassanezi et al., 2005; Gottwald & Irey, 2008; Sétamou & Bartels, 2015). Como agravante, a porcentagem de psilídeos infectivos capturados em diferentes regiões do Estado de São Paulo é compreendida entre 50 e 100%, com variações durante o ano, principalmente em regiões com manejo deficitário da doença (Sassi, 2016). Essas informações demonstram a relevância da disseminação primária da doença e indicam o quão é importante o conhecimento de fatores bióticos como brotações e densidade populacional de ninfas na planta hospedeira (Patt & Sétamou, 2010; Kobori et al., 2011a; Tomaseto, 2016; Tomaseto et al., 2016) e abióticos (condições meteorológicas, fotoperíodo, estresse hídrico e qualidade nutricional do hospedeiro) que influenciam na dispersão do vetor (Tomaseto, 2016; Tomaseto et al., 2018; Hall, 2009; Hall & Hentz, 2011; Kobori et al., 2011b; Sétamou et al., 2012; Martini et al., 2016).

Embora a dispersão de psilídeos ocorra durante quase todos os meses do ano, o maior pico populacional foi observado durante a primavera devido à maior população do inseto em plantas hospedeiras (Aubert & Xia, 1990; Aubert, 1990; Hall et al., 2011). A dispersão de populações do inseto pode ser agravada pela ocorrência e velocidade de ventos que influenciam diretamente no controle do voo por parte do vetor (Kobori et al., 2011b; Hall, 2009; Hall & Hentz, 2011). Somado ao efeito de ventos, o deslocamento de *D. citri* pode ser influenciado por fatores intrínsecos à planta hospedeira. Sabe-se que plantas de citros com baixa qualidade nutricional aumentam as taxas de decolagem de *D. citri*, e plantas com estresse hídrico desestimulam o voo do inseto, provavelmente por aumento nos teores de alguns aminoácidos essenciais ao inseto (Tomaseto et al., 2018), assim como relatado para plantas de citros Satsuma [*Citrus unshiu* cv. Owari (Rutaceae)] com estresse hídrico (Malik et al., 2014). Na ausência de brotações em plantas de citros, maior foi o estímulo para o inseto buscar novas plantas com vegetação nova para alimentação e reprodução, afetando positivamente a distância e velocidade de voo (Tomaseto et al., 2016). Sabe-se que a biologia reprodutiva de *D. citri* é intimamente associada a brotações (Yasuda et al., 2005; Wenninger & Hall, 2007) e que os diferentes estádios vegetativos podem influenciar nesse processo (Cifuentes-Arenas et al., 2018). De

acordo com os autores, os primeiros estádios vegetativos denominados de V1 (entumescimento das gemas) a V4 (brotação com aproximadamente 10 cm e expansão dos ramos laterais) apresentaram maiores taxas de oviposição quando comparados com brotações em fase final de maturação (V5). Oviposições não ocorreram em brotações maduras (estádio V6) e a viabilidade de ninfas foi maior para brotações em estádios mais jovens (V1-V3). Esses resultados podem sugerir uma correlação positiva entre brotações em fase inicial de desenvolvimento com capturas de *D. citri* no campo.

Fatores abióticos também podem afetar o deslocamento de *D. citri*. Sabe-se que a temperatura influencia a decolagem de *D. citri* (Martini & Stelinsk, 2017; Tomaseto et al., 2018) e que 27 °C é ótimo para voo do inseto (Tomaseto et al., 2018). Ainda, foi verificada uma correlação negativa entre a porcentagem de psílídeos infectivos e a temperatura do ar (Hall, 2017). O aumento da pressão atmosférica está associado ao aumento das taxas de decolagem de *D. citri* (Martini & Stelinsk, 2017).

Estudos de monitoramento da população de *D. citri* que chegam nas propriedades e a correlação desses dados com variáveis ambientais e da planta, são de extrema importância para a determinação das principais épocas de dispersão de *D. citri* e o entendimento dos principais fatores que possam influenciar nesse processo. Embora existam estudos de correlação da população do vetor com fatores bióticos e abióticos, o presente trabalho foi realizado apenas com insetos oriundos de áreas externas à propriedade, já que as fazendas em questão adotam, no mínimo, aplicações de inseticidas a cada duas semanas, que impossibilitam que o psílídeo complete seu ciclo de desenvolvimento no interior da área comercial. Além disso, a utilização de uma longa série temporal e espacial de dados da empresa Citrusuco S/A Agroindústria se mostrou um diferencial para correlacionar os fatores envolvidos na dispersão do inseto. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo a determinação do período crítico de dispersão de *D. citri* e os fatores bióticos e abióticos que podem influenciar nesse processo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta de dados meteorológicos e de captura de *Diaphorina citri*

Para o presente estudo foram consideradas nove fazendas da empresa Citrosuco S/A Agroindústria que seguem rigorosamente as recomendações para ações internas e externas de manejo do HLB. Estas estão localizadas em diferentes regiões do Estado de São Paulo, englobando os municípios de Altair, Anhembi, Botucatu, Espírito Santo do Turvo, Gavião Peixoto, Lucianópolis, Reginópolis (2 fazendas) e Onda Verde (Figura 1), e possuem um programa de pulverização a cada 15 dias ou mais frequentes nos lotes localizados na borda para garantir que os insetos capturados sejam provenientes de fontes externas de inoculo e não criados dentro da propriedade.

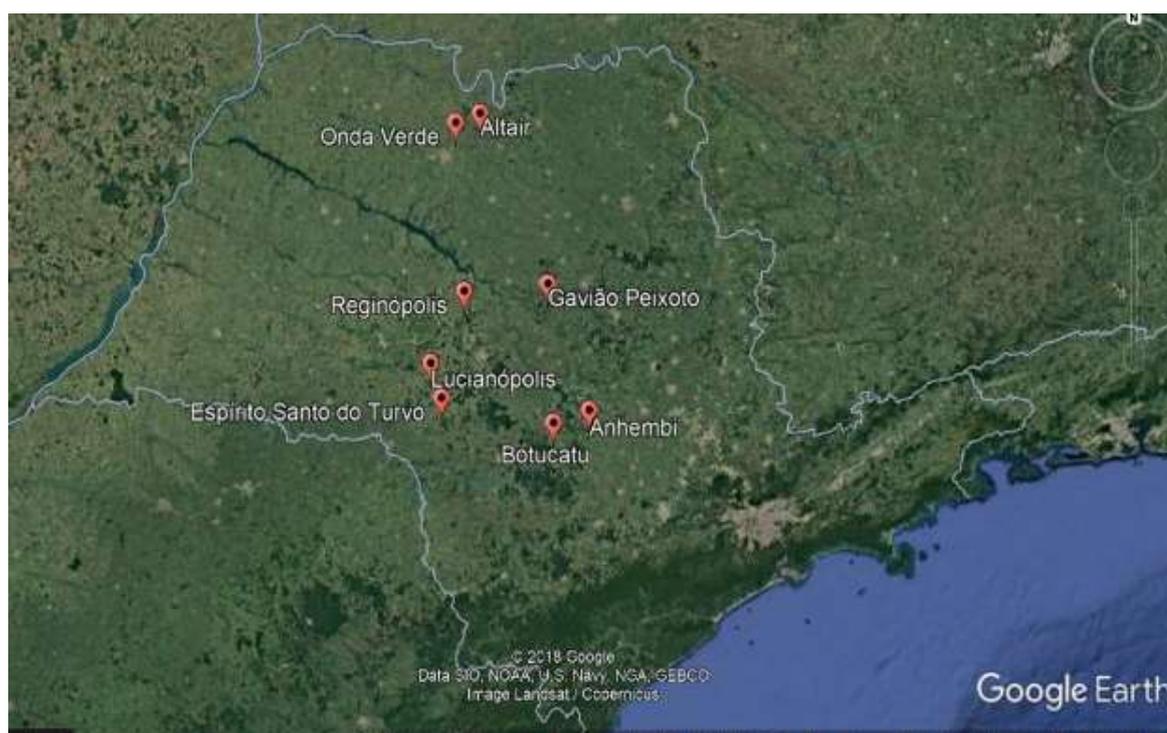


Figura 1. Mapa com a localização das fazendas nos respectivos municípios do estado de São Paulo.

Os dados coletados foram referentes a capturas de *D. citri* por meio da utilização de cartões adesivos amarelos Colortrap (Isca Tecnologias, Ijuí, RS, Brasil). Estes possuem dimensões de 30 x 10 cm e foram colocados diretamente na planta por ganchos metálicos ou por meio de suporte metálico preso a hastes de bambus na extremidade do terço superior das

plantas. Os cartões foram distribuídos com espaçamentos de 150 metros entre si em todo o perímetro das fazendas (Figura 2).

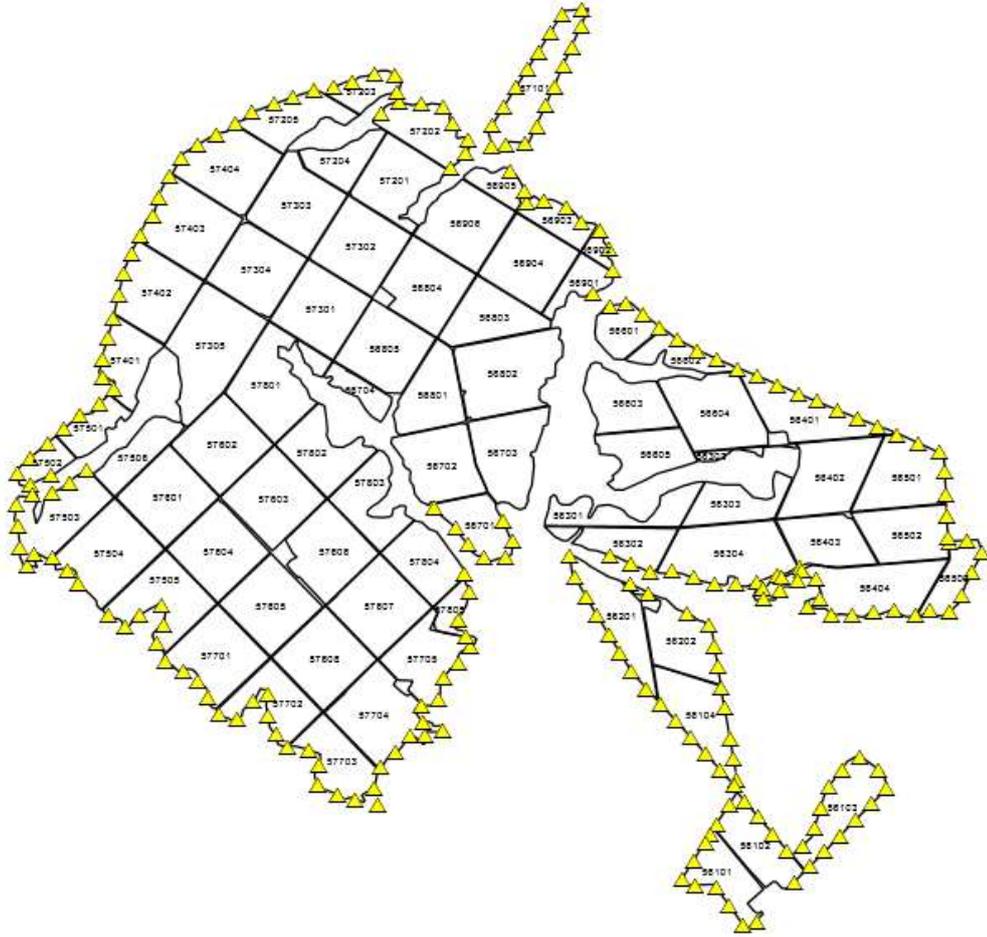


Figura 2. Posicionamento dos cartões adesivos amarelos em todo o perímetro da propriedade situada em Espírito Santo do Turvo.

As trocas e leituras destes cartões são realizadas a cada sete dias e o número de cartões adesivos amarelos nas propriedades variou de 79 a 262, totalizando 1513 cartões semanais (Tabela 1).

Tabela 1. Número de cartões adesivos amarelos semanais no perímetro das fazendas e seus respectivos municípios

Fazenda	Município	Nº de cartões adesivos amarelos
São João	Onda Verde	245
Constância	Altair	140
Santa Terezinha	Espírito Santo do Turvo	198
Rancho Grande	Lucianópolis	173
Redenção	Anhemi	79
Graminha	Botucatu	138
Maringá	Gavião Peixoto	127
Emú	Reginópolis	151
Ventura	Reginópolis	262

Dados meteorológicos semanais de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram obtidos a partir de informações de estações meteorológicas (Vantage Pro2 6152; Davis Instruments, Hayward, CA, USA) instaladas em cada uma das fazendas. Além disso, algumas propriedades (dos municípios de Reginópolis, Espírito Santo do Turvo, Altair e Botucatu) irrigavam seus pomares, o que permitiu a inclusão desse fator no estudo.

2.2. Análise de dados

Foi utilizado um conjunto de modelos hierárquicos para analisar as dinâmicas de populações de *Diaphorina citri* e brotação (Pinheiro & Bates, 2000). Posteriormente, utilizou-se o teste qui-quadrado de verossimilhança para comparar o ajuste do modelo completo com o de uma série de modelos simplificados utilizando uma ou mais variáveis independentes removidas, com o objetivo de identificar o modelo mais adequado (Crawley, 2009). Todas as análises foram conduzidas com auxílio do software estatístico R v.3.5.1 (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) com apoio do Dr. Matthew Daugherty da Universidade da Califórnia, Riverside, EUA.

Sete variáveis meteorológicas foram consideradas em cada análise, mensuradas ao longo da semana durante os quais as armadilhas foram trocadas: temperatura mínima média diária (°C), temperatura máxima média diária (°C), temperatura média geral diária (°C), amplitude térmica média (diferença entre a máxima e mínima), umidade relativa do ar média (%), precipitação acumulada (mm) e número de dias com chuva. Antes das análises, a acurácia das correlações foi estimada entre o conjunto de variáveis meteorológicas, nas quais variáveis altamente correlacionadas entre si ($r > 0,6$) foram excluídas das análises. Além disso, para garantir que as diferentes escalas unitárias das variáveis meteorológicas não interferissem nas

estimativas de sua importância, todas elas foram transformadas em escores z . Finalmente, foram consideradas não apenas as medidas ao longo das semanas (t_0), mas também medidas retroativas de até 3 semanas antes para cada variável (t_{-1} , t_{-2} , t_{-3}).

2.2.1. Efeito de fatores abióticos na dispersão de populações de *Diaphorina citri*

Foram conduzidas duas análises de dinâmica populacional de *D. citri* considerando 4 anos de avaliações semanais e dados meteorológicos de 9 fazendas entre julho de 2014 a junho de 2018 (209 avaliações por fazenda). Inicialmente, o número médio de *D. citri* por cartão adesivo amarelo foi transformado em raiz quarta e submetido a um ajuste de modelo linear misto (Crawley, 2009), enquanto que para a proporção de cartões que registraram pelo menos um adulto de *D. citri* foi utilizado um modelo linear de efeitos mistos generalizados com erro binomial (Pinheiro & Bates, 2000). Ambas incluíram os efeitos fixos da semana (1 a 52) e regime de irrigação [irrigado ($n=4$) e não irrigado ($n=5$)] e efeito aleatório da fazenda dentro de cada ano com o objetivo de detectar a autocorrelação das medidas repetidas realizadas em cada fazenda e a variabilidade inerente à quantidade de *D. citri* entre as fazendas e os diferentes anos. Além disso, temperatura máxima, umidade relativa do ar, precipitação retroativa (2 semanas) e temperatura mínima retroativa (2 semanas) foram consideradas como covariáveis.

2.2.2. Efeito de fatores abióticos nos estádios vegetativos dos citros e na dispersão de populações de *Diaphorina citri*

Considerou-se um conjunto de análises em um banco de dados mais restrito, consistindo de 119 avaliações semanais e variáveis meteorológicas de 7 fazendas entre março de 2016 e junho de 2018 por meio de informações do estágio vegetativo predominante levantadas a cada 7 dias em 1% das plantas dos lotes perimetrais. De acordo com o guia ilustrativo do Fundecitrus (Figura 3), os estádios vegetativos foram segregados em sete grupos: V1, V2, V3, V4, V5, V6 e V7, dos quais valores menores correspondem a estádios mais jovens da folha.



Figura 3. Guia de fases de desenvolvimento vegetativo do Fundecitrus, na qual o V1 representa o estágio vegetativo mais jovem e o V7 o mais maduro (folha totalmente expandida).

Inicialmente, foi utilizado um modelo linear misto para analisar a dinâmica de estágio vegetativo (V1 a V7, transformados em raiz quadrada para atender os ajustes do modelo), com efeitos fixos da semana e regime de irrigação, efeitos aleatórios de fazenda e ano, e covariáveis meteorológicas que incluíram temperatura máxima, temperatura mínima retroativa (2 semanas), umidade relativa do ar e precipitação retroativa (3 semanas). Posteriormente, foi utilizado um par de modelos similares aos apresentados anteriormente para analisar as duas variáveis respostas relacionadas a densidade de *D. citri* (abundância e ocupação). Para isso, foi utilizado um modelo linear misto para número médio de psilídeo por cartão e um modelo linear misto generalizado com erro binomial para proporção de cartões com pelo menos 1 inseto capturado. Em ambos os casos, os estádios vegetativos foram agrupados em 3 categorias que refletem em diferenças na preferência ou desempenho biológico de *D. citri* (Cifuentes-arenas et al., 2018): estágio jovem (V1-V3, preferido pelo inseto), intermediário (V4-V6) ou maduro (V7). O número médio de *D. citri* por cartão foi novamente transformado em raiz quarta para ajuste do modelo que considerou efeitos fixos da semana, regime de irrigação e as categorias de estádios vegetativos, efeitos aleatórios de fazenda e ano e umidade relativa do ar retroativa (2 semanas) como covariável. A proporção de cartões com captura foi ajustada considerando os efeitos fixos

de semana e regime de irrigação, e categoria de estádios vegetativos retroativa (3 semanas) como covariável.

3. RESULTADOS

3.1. Efeito de fatores abióticos na dispersão de populações de *Diaphorina citri*

Durante os quatro anos do estudo, foi capturado um total de 14.345 psílídeos nos cartões adesivos amarelos. Os dados de captura apresentaram grande variabilidade (Tabela 2), sendo aproximadamente 3 vezes superior no ano de maior densidade populacional (2018) em comparação com o de menor (2015) e mais de 50 vezes superior quando comparadas as fazendas com maiores e menores capturas (Redenção e São João, respectivamente). Estas também variaram fortemente ao longo das épocas do ano, as quais foram geralmente baixas até aproximadamente julho (semana 30), aumentaram durante as doze próximas semanas e declinaram posteriormente (Figura 4). Notavelmente, os padrões entre o número médio de psílídeos por cartão e proporção de cartões com pelo menos um inseto capturado foi similar (Figura 4).

Tabela 2. Número médio anual de adultos de *Diaphorina citri* por cartão adesivo amarelo e proporção de cartões com pelo menos um psíldeo capturado nas 9 fazendas do estudo de 2014 a 2018.

Fazenda	Número de adultos (\pm EP)					Proporção de cartões com captura (\pm EP)				
	2014 ^a	2015	2016	2017	2018 ^b	2014 ^a	2015	2016	2017	2018 ^b
Constância	0,008 (0,016)	0,009 (0,023)	0,008 (0,009)	0,003 (0,006)	0,001 (0,003)	0,009 (0,017)	0,009 (0,024)	0,008 (0,009)	0,003 (0,006)	0,001 (0,003)
Emú	0,071 (0,084)	0,057 (0,111)	0,092 (0,112)	0,082 (0,129)	0,048 (0,037)	0,048 (0,048)	0,043 (0,074)	0,087 (0,112)	0,071 (0,103)	0,040 (0,032)
Graminha	0,106 (0,159)	0,041 (0,053)	0,050 (0,074)	0,102 (0,116)	0,085 (0,052)	0,095 (0,144)	0,035 (0,034)	0,046 (0,067)	0,064 (0,072)	0,065 (0,039)
Maringá	0,012 (0,016)	0,012 (0,017)	0,016 (0,023)	0,089 (0,391)	0,015 (0,016)	0,011 (0,015)	0,011 (0,016)	0,016 (0,023)	0,023 (0,029)	0,016 (0,017)
Rancho Grande	0,011 (0,021)	0,002 (0,005)	0,008 (0,021)	0,021 (0,065)	0,057 (0,259)	0,011 (0,020)	0,002 (0,005)	0,007 (0,020)	0,014 (0,041)	0,007 (0,012)
Redenção	0,319 (0,283)	0,156 (0,154)	0,306 (0,353)	0,448 (0,543)	0,184 (0,089)	0,135 (0,274)	0,039 (0,048)	0,077 (0,145)	0,437 (1,002)	0,029 (0,023)
Santa Terezinha	0,022 (0,036)	0,002 (0,008)	0,024 (0,095)	0,017 (0,032)	0,006 (0,009)	0,018 (0,029)	0,002 (0,006)	0,024 (0,109)	0,015 (0,026)	0,006 (0,010)
São João	0,012 (0,022)	0,005 (0,017)	0,001 (0,003)	0,003 (0,006)	0,001 (0,002)	0,008 (0,013)	0,003 (0,008)	0,001 (0,003)	0,003 (0,005)	0,001 (0,002)
Ventura	0,003 (0,009)	0,008 (0,015)	0,033 (0,033)	0,067 (0,096)	0,017 (0,017)	0,002 (0,005)	0,008 (0,013)	0,030 (0,030)	0,063 (0,084)	0,014 (0,011)

^aJulho a dezembro; ^bJaneiro a junho

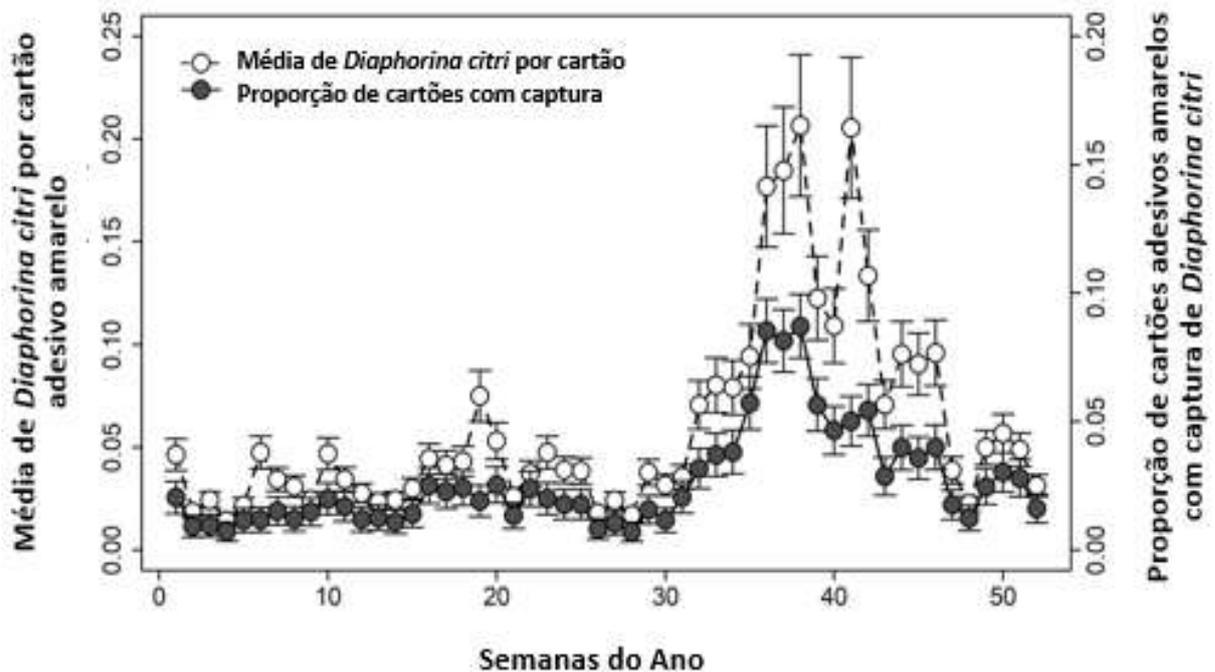


Figura 4. Valores médios para as 9 fazendas do estudo e dos 4 anos de avaliação. Média (\pm EP) do número de *Diaphorina citri* capturados por cartão adesivo amarelo (linha tracejada e marcadores sem preenchimento) e proporção (\pm EP) de cartões adesivos amarelos com pelo menos um psilídeo capturado (linha contínua e marcadores com preenchimento).

Para as análises que consideraram o número médio de psilídeos capturados por cartão, as variáveis meteorológicas amplitude térmica, temperatura média e número de dias com chuva tiveram forte correlação com as demais e foram excluídas do modelo. O modelo final simplificado incluiu efeitos significativos da semana no ano ($\chi^2 = 284,84$; g.l. = 51; $P < 0,0001$) e umidade relativa do ar ($\chi^2 = 6,337$; g.l. = 1; $P = 0,0118$). De maneira geral, os picos populacionais de *D. citri* ocorreram da semana 30 (meio de julho) até a 46 (início de novembro), período que corresponde ao final do inverno e a primavera (Figura 4). Ao mesmo tempo, a umidade relativa do ar reduziu da semana 24 (início de junho) até a semana 37 (início de setembro) (Figura 5), sendo negativamente associada ao número médio de psilídeos capturados nos cartões (coeficiente angular \pm EP: $-0,017 \pm 0,006$) (Figura 6).

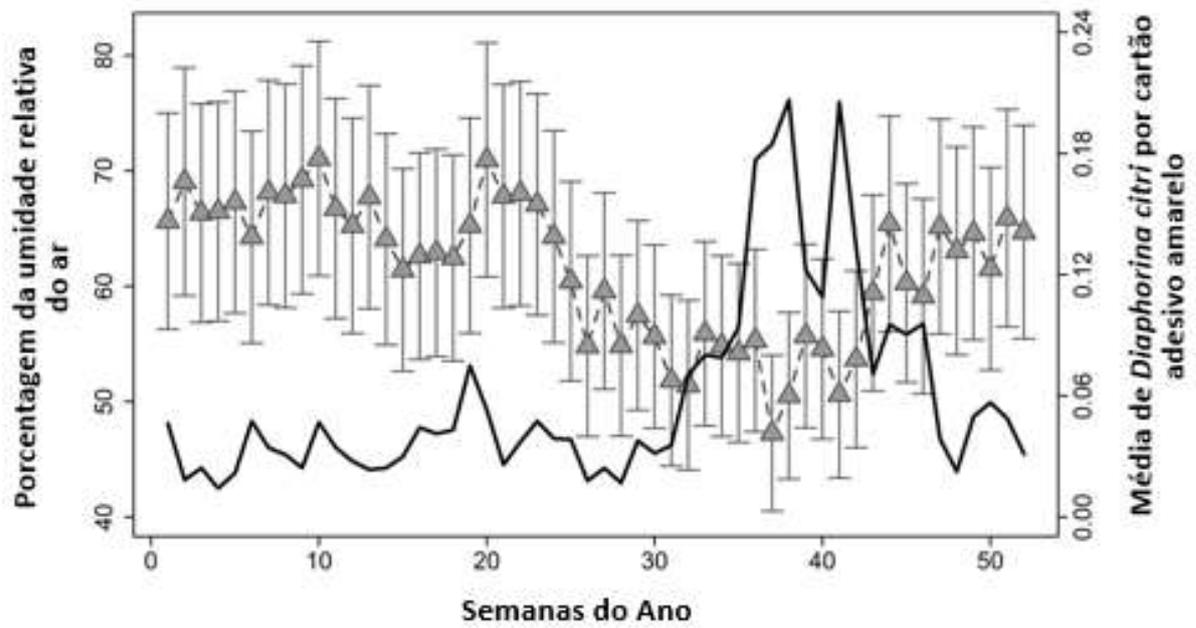


Figura 5. Valores médios para as 9 fazendas do estudo e dos 4 anos de avaliação. Médias (\pm EP) da porcentagem de umidade relativa do ar (linha tracejada cinza com marcadores com preenchimento). Médias do número de psíldeos por cartão adesivo amarelo (linha contínua preta). Variáveis mostradas em escala não padronizada para facilitar a visualização.

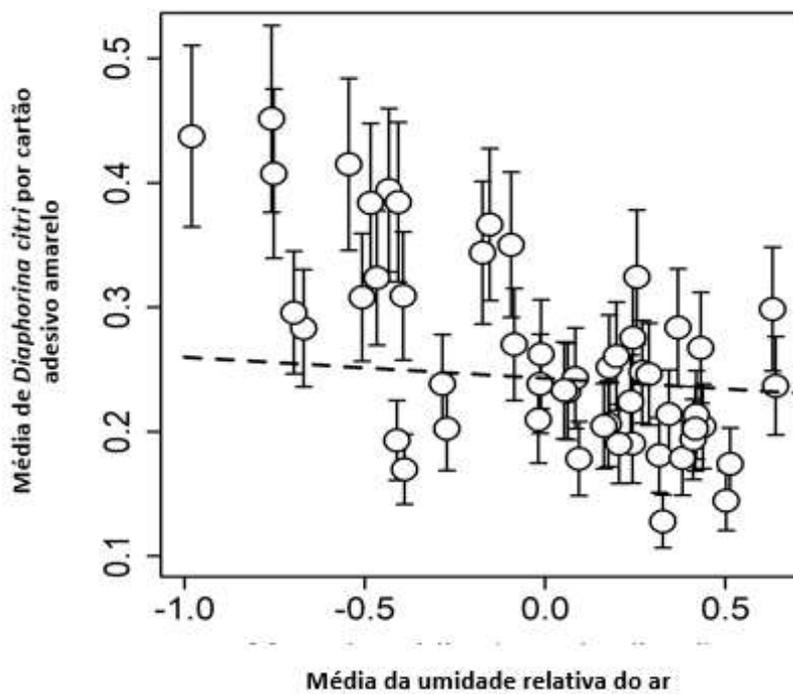


Figura 6. Média (Raiz quarta transformada; \pm EP) do número de *Diaphorina citri* capturados por cartão adesivo amarelo ao longo de um gradiente de umidade relativa do ar demonstrado como médias semanais do escore z padronizado. A linha tracejada mostra o ajuste previsto do modelo simplificado final de efeitos mistos lineares.

Com relação a proporção de cartões com captura, foram consideradas quatro covariáveis: umidade relativa do ar, temperatura máxima, temperatura mínima retroativa (três semanas anteriores) e precipitação total retroativa (três semanas anteriores). Por meio dos resultados, o modelo final incluiu efeitos significativos da semana no ano ($\chi^2 = 2473,8$; g.l. = 51; $P < 0,0001$), umidade relativa do ar ($\chi^2 = 72,483$; g.l. = 1; $P < 0,0001$), temperatura máxima ($\chi^2 = 8,865$; g.l. = 1; $P = 0,029$) e precipitação retroativa ($\chi^2 = 7,741$; g.l. = 1; $P = 0,0054$) (Figura 7). Todas as demais variáveis foram descartadas durante a simplificação do modelo, devido a não significância. O padrão sazonal da temperatura máxima foi similar a umidade relativa do ar com redução dos valores da semana 15 (meio de abril) até a semana 35 (final de agosto) (Figura 7 A e B). No caso da variável de precipitação total para três semanas anteriores, os dados mostraram maior variabilidade com os períodos mais secos ocorrendo a partir da semana 17 (final de abril) até a semana 34 (final de agosto) e o período mais úmido compreendido ao início e final do ano (Figura 7 C). Umidade relativa do ar (coeficiente angular \pm EP: $-0,195 \pm 0,023$) e temperatura máxima (coeficiente angular \pm EP: $-0,067 \pm 0,023$) foram negativamente associadas com a proporção de cartões com capturas de *D. citri*, enquanto que a precipitação de três semanas anteriores teve um efeito positivo (coeficiente angular \pm EP: $0,049 \pm 0,017$) (Figura 8).

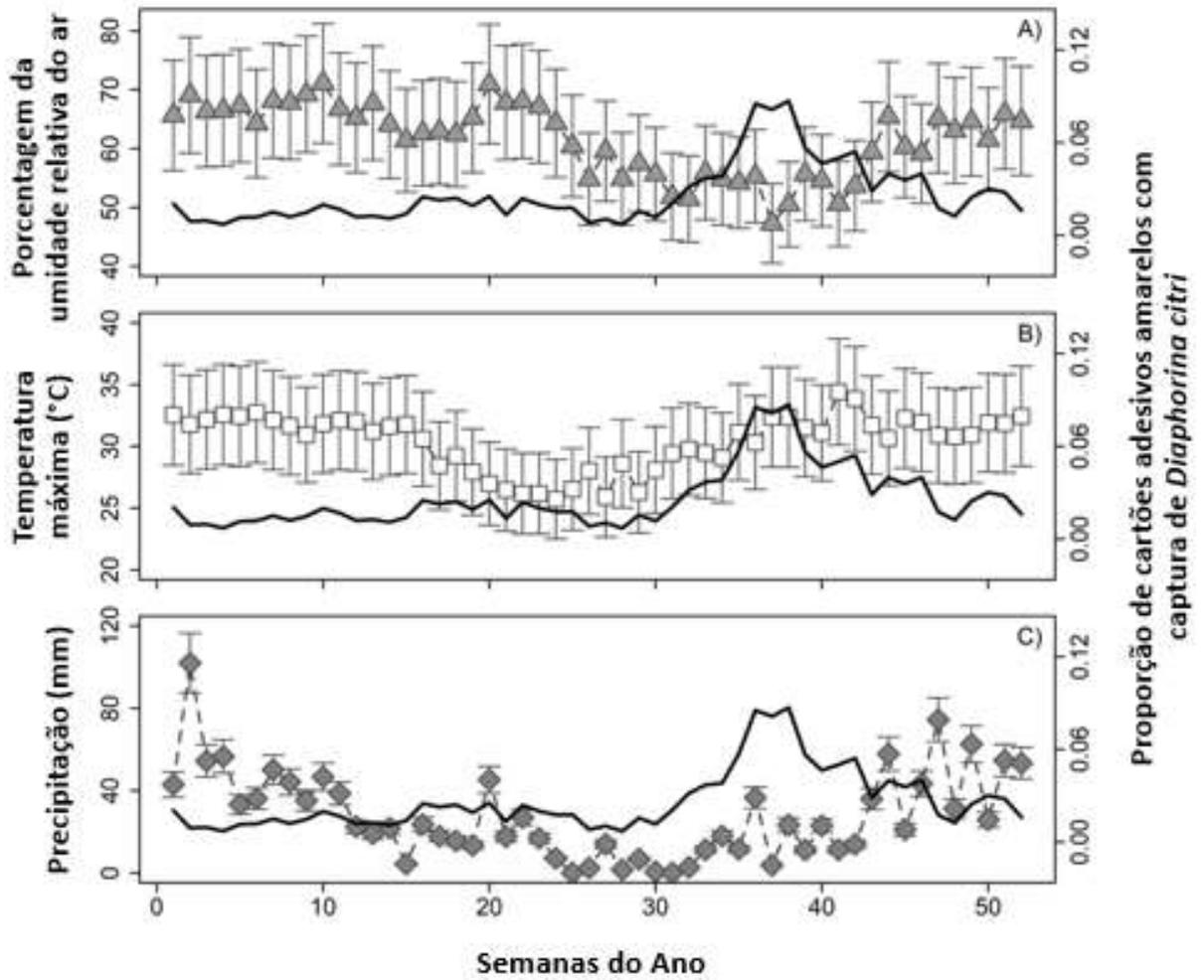


Figura 7. Valores médios para as 9 fazendas do estudo e dos 4 anos de avaliação. Médias (\pm EP) da porcentagem de umidade relativa do ar (A), da temperatura máxima (B) e da precipitação (C). Médias da proporção de cartões com pelo menos um psilídeo capturado (linha contínua preta). Variáveis mostradas em escala não padronizada para facilitar a visualização.

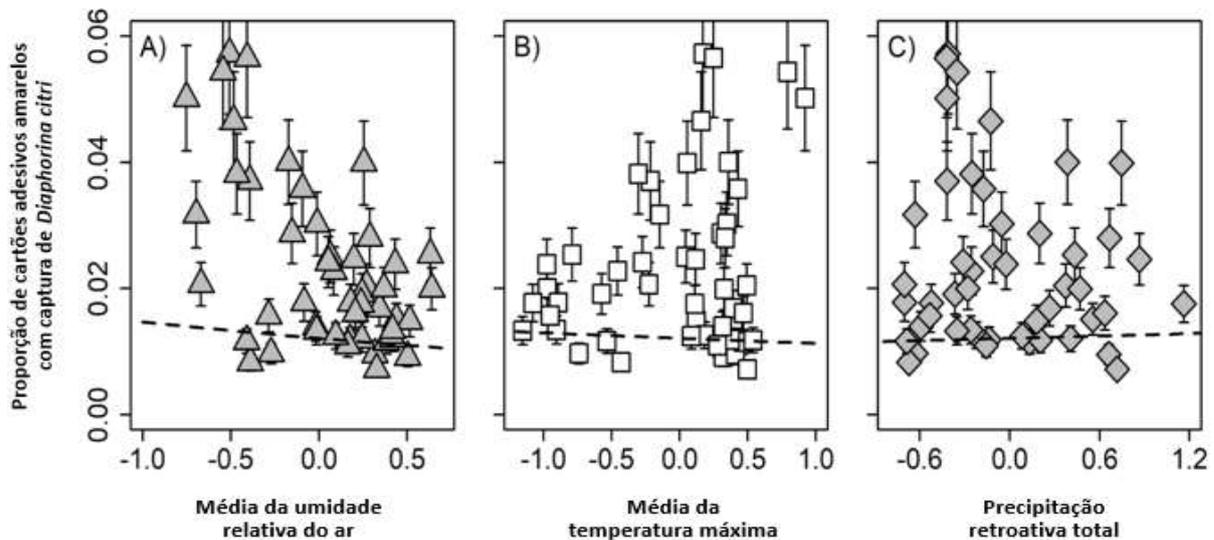


Figura 8. Proporção (\pm EP, transformada) de cartões adesivos amarelos com pelo menos um *Diaphorina citri* capturado em A) média da umidade relativa do ar, B) média da temperatura máxima, e C) precipitação total de três semanas anteriores. Variáveis plotadas como médias semanais de escores Z padronizadas. As linhas tracejadas mostram o ajuste previsto do modelo de efeitos mistos linear generalizado simplificado final.

3.2. Efeito de fatores abióticos nos estádios vegetativos dos citros

Para as análises que consideraram os estádios vegetativos, o modelo completo utilizou os efeitos fixos da semana e regime de irrigação, os efeitos aleatórios de fazenda e ano e, ainda, quatro covariáveis meteorológicas: umidade relativa do ar, temperatura máxima, temperatura mínima retroativa (três semanas anteriores) e precipitação total retroativa (quatro semanas anteriores). O modelo simplificado final incluiu efeitos significativos da semana ($\chi^2 = 185$; g.l. = 51; $P < 0,0001$), temperatura máxima ($\chi^2 = 9,598$; g.l. = 1; $P = 0,0019$), temperatura mínima retroativa ($\chi^2 = 19,245$; g.l. = 1; $P = 0,0001$) e precipitação total retroativa ($\chi^2 = 8,693$; g.l. = 1; $P = 0,0032$). Os valores sazonais do estágio vegetativo predominante foram mais altos (V5 a V7) da semana 1 (início de janeiro) até 22 (final de maio) e valores de estádios vegetativos menores (V1 a V4) da semana 23 (meio de junho) até 39 (final de setembro) (Figura 9). A temperatura máxima (coeficiente angular \pm EP: $-1,814 \pm 0,604$), além da temperatura mínima retroativa (coeficiente angular \pm EP: $-2,720 \pm 0,642$) e precipitação total retroativa (coeficiente angular \pm EP: $-1,173 \pm 0,413$) tiveram efeitos negativos quando comparado ao estágio vegetativo (Figuras 10 e 11), ou seja, associados às predominâncias dos estádios mais jovens.

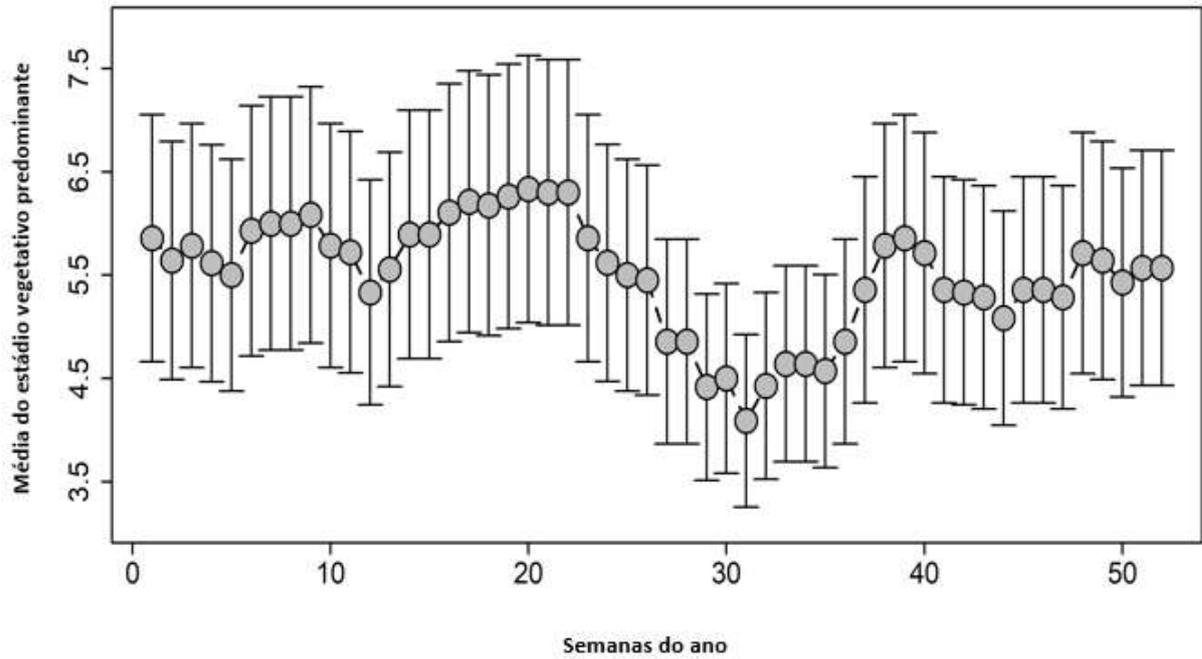


Figura 9. Média (\pm EP) dos estádios vegetativos durante as semanas do ano. Os valores representam o estágio vegetativo predominante dos pomares, variando de 1 para as folhas mais jovens a 7 para folhas maduras.

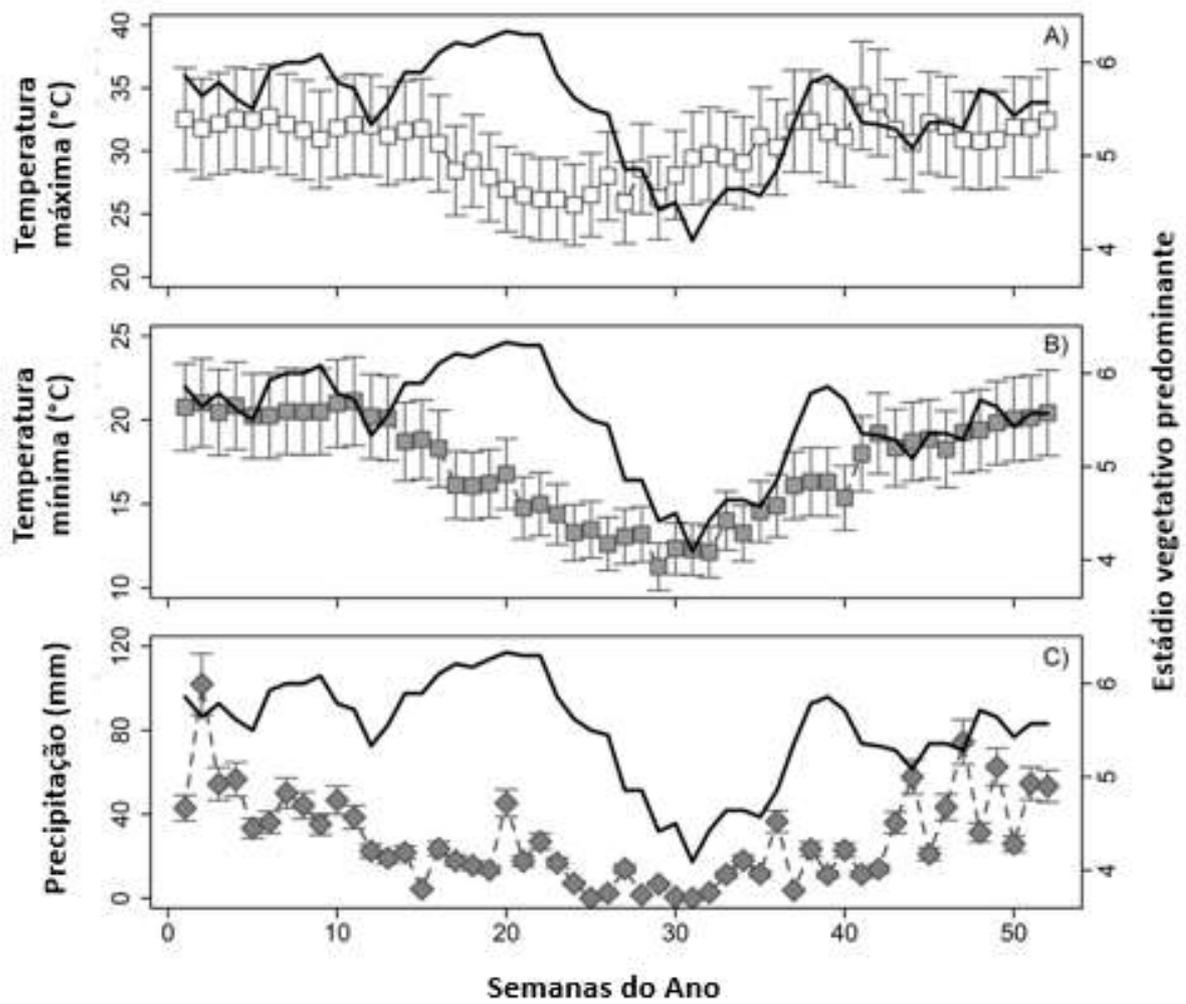


Figura 10. Valores médios para as 9 fazendas do estudo e dos 4 anos de avaliação. Médias (\pm EP) da porcentagem de umidade relativa do ar (A), da temperatura máxima (B) e da precipitação (C). Médias do estágio vegetativo predominante (linha contínua preta). Variáveis mostradas em escala não padronizada para facilitar a visualização.

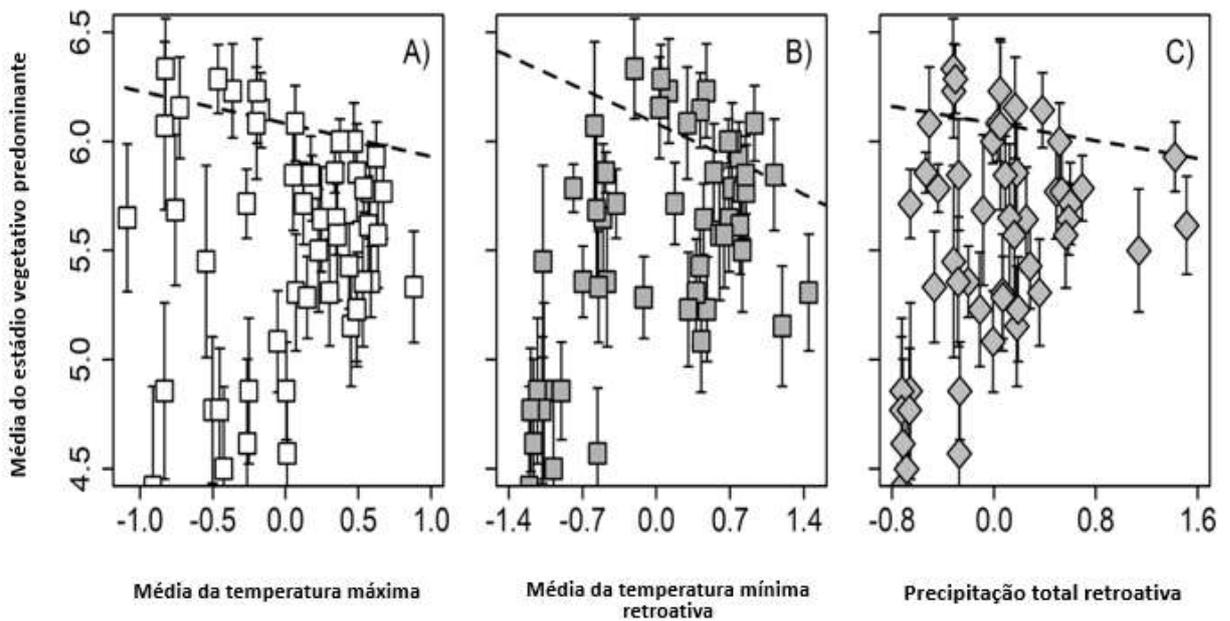


Figura 11. Média (\pm EP; transformada) do estágio vegetativo predominante presente nos pomares com relação às variáveis média da temperatura máxima (A), média da temperatura mínima de três semanas anteriores (B) e média da precipitação total de quatro semanas anteriores (C). Variáveis resposta plotadas como médias semanais de escores z padronizados e linhas tracejadas mostram o ajuste do modelo.

3.3. Efeito de fatores abióticos e bióticos na dispersão de populações de *Diaphorina citri*

Para a variável resposta número médio de psílídeos capturados, o modelo completo incluiu os efeitos fixos de semana, regime de irrigação e estádios vegetativos para três semanas anteriores e, também, umidade relativa do ar de três semanas anteriores como uma covariável e efeitos aleatórios de fazenda e ano. O modelo final simplificado verificou efeito significativo da semana ($\chi^2 = 186,94$; g.l. = 51; $P < 0,0001$) e efeito não significativo das categorias de estádios vegetativos ($\chi^2 = 4,093$; g.l. = 2; $P < 0,1292$) (Figura 12 A).

Para a proporção de cartões com pelo menos um *D. citri* capturado incluiu-se no modelo completo os efeitos fixos de semana, regime de irrigação e estádios vegetativos de três semanas anteriores, além da umidade relativa do ar de três semanas anteriores como covariável e efeitos aleatórios de fazenda e ano. O modelo final simplificado mostrou efeitos significativos de semana ($\chi^2 = 1821,3$; g.l. = 51; $P < 0,0001$) e categorias de estádios vegetativos retroativo ($\chi^2 = 25,002$; g.l. = 2; $P < 0,0001$). Populações de *Diaphorina citri* foram detectadas de três a quatro

vezes mais frequentemente quando a categoria de estádios vegetativos mais jovens (V1-V3) predominou quando comparado com as categorias intermediárias ou maduras (Figura 12 B).

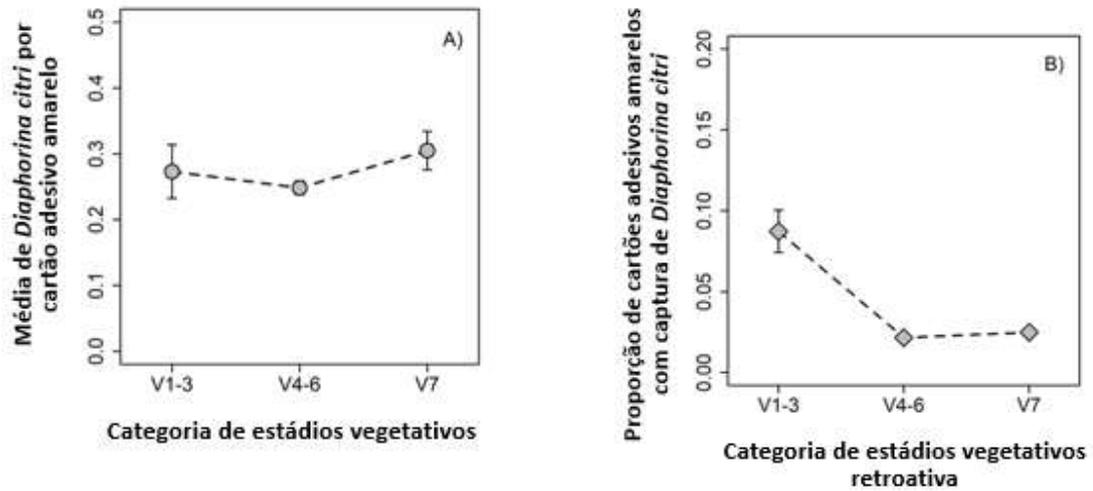


Figura 12. Média (\pm EP) do número de *Diaphorina citri* capturado por cartão adesivo amarelo (raiz quarta - transformada) com relação às categorias de estádios vegetativos (A). Média (\pm EP) da proporção de cartões com pelo menos um psíldeo capturado com relação às categorias de estádios vegetativos retroativos de três semanas (B).

4. DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo determinaram o período crítico de dispersão de populações de *D. citri* e quais os fatores bióticos e abióticos que podem influenciar neste deslocamento de fora para dentro das propriedades. Nas condições climáticas do estado de São Paulo, *D. citri* necessita de pelo menos 18 dias para completar o ciclo de ovo-adulto (Paiva & Parra, 2012). Assim, com a utilização de pulverização de inseticidas a cada duas semanas nos talhões de citros utilizados no presente estudo, assegura-se que os psílídeos capturados nos cartões adesivos amarelos são oriundos de fontes externas às propriedades. Em geral, os estudos prévios sobre dinâmica populacional de *D. citri* foram feitos em áreas com baixa ou ausência de controle, considerando a população residente no interior do pomar, por um período de 1- 3 anos e em 1- 4 pomares (Yamamoto et al., 2001; Hall et al., 2008; Hernández-Landa et al., 2018; Laranjeira et al., 2018). O presente estudo, além de considerar a população de *D. citri* dispersante, utilizou dados obtidos durante quatro anos e proveniente de nove fazendas localizadas em diferentes regiões do Estado de São Paulo, o que confere um alto grau de confiabilidade dos resultados deste trabalho.

Diaphorina citri pode se locomover a curtas e longas distâncias de acordo com a influência de fatores bióticos e abióticos. Em períodos propensos ao voo, o vetor pode se dispersar de 300 a 2.000 metros em até quatro dias, seguindo no sentido da área com déficit de manejo para o pomar com manejo completo (Lewis-Rosenblum et al., 2015). No que tange a menores distâncias, os mesmos se locomoveram a distâncias de 60 a 100 metros de um pomar não manejado até um que possuía um programa de manejo do vetor e da doença (Boina et al., 2009). A velocidade de deslocamento no interior do pomar pode ser influenciada pela presença de brotações. Tomaseto et al. (2016) mostraram que na ausência de brotações, *D. citri* pode se dispersar por 140 metros em um período de 6 horas, porém, este inseto se dispersou por apenas 60 metros em um período de 24 horas quando as plantas apresentavam novos fluxos vegetativos. Na fase final de dispersão, as populações de *D. citri* pousam e se estabelecem principalmente nas bordas dos pomares de citros (Sétamou & Bartels, 2015), conseqüentemente este é o local de maior incidência de plantas com HLB (Bergamin-Filho et al., 2016), sendo este fenômeno conhecido como “efeito de borda”. Desta forma, recomenda-se que os cartões adesivos amarelos sejam instalados, preferencialmente, no perímetro das propriedades para detectar o momento e locais em que a população do vetor chega na propriedade (Ayres et al.,

2018), sendo este o motivo pelo qual no presente estudo, foram considerados somente dados de coletas em cartões localizados nas bordas de talhões perimetrais das propriedades.

Neste estudo foi observado claramente que o período crítico de dispersão de *D. citri* ocorre entre o inverno e primavera (meados de julho a novembro), sendo que neste período foi encontrado 65% do total de psíldeos coletados. Estes resultados corroboram um estudo prévio, realizado em uma propriedade localizada em Descalvado, SP, com controle rigoroso do vetor por um período de dois anos, onde picos populacionais também foram observados no fim do inverno e primavera (Monteiro, 2013), porém, neste caso os picos foram a partir de meados de agosto. Essa diferença entre os dois trabalhos, pode estar relacionada com as condições climáticas, demonstrando que para resultados mais precisos é necessário que estes estudos sejam realizados por um período de tempo mais longo e um número maior de propriedades e regiões. Outros estudos com uma menor série temporal e espacial (2 anos e 2-3 propriedades), e com a uma população residente de psíldeos (áreas com baixa ou ausência de controle), demonstraram que os picos populacionais ocorrem durante a primavera e verão, tanto nas condições de São Paulo (Yamamoto et al., 2001), como no estado da Flórida, EUA (Hall et al., 2008). Um dos fatores importantes para o sucesso no manejo do HLB, é a aplicação preventiva de inseticidas para controle do psíldeo (Belasque Júnior & Bassanezi, 2010; Miranda et al., 2017). Assim, em geral, baseado nos resultados deste trabalho, os produtores devem intensificar as aplicações de inseticidas a partir da segunda quinzena de julho.

Entre os fatores abióticos avaliados neste trabalho, a temperatura e umidade relativa do ar apresentam um papel importante no processo de dispersão de *D. citri*. A redução da temperatura máxima no período de maiores picos populacionais da praga aumenta a proporção de cartões com pelo menos um psíldeo capturado (ocupação). Assim como, maiores valores de média de temperatura máxima e mínima, sendo esta última de até três semanas retroativas, induzem novos fluxos vegetativos que estarão relacionados aos picos populacionais. Estes resultados corroboram com trabalhos realizados em condições de laboratório (câmara climatizada), que demonstram que temperaturas inferiores a 16,5°C afetam negativamente a propensão ao voo do *D. citri* (Martini & Stelinski, 2017), e que temperaturas inferiores a 18°C e superiores a 37°C reduzem a propensão do inseto ao voo, sendo 27° C a temperatura ótima (Tomaseto et al., 2018). Contudo, em um trabalho em realizado em uma única propriedade, Beloti et al. (2013) observaram uma fraca correlação entre número médio de *D. citri* coletados em cartões adesivos amarelos e temperatura. Com relação a umidade, Tomaseto et al. (2018), demonstraram que a redução da umidade relativa do ar em condições de casa de vegetação resultou em um aumento na proporção de indivíduos que decolaram de plantas cítricas. Em

estudos realizados com populações residentes de *D. citri* em pomares de citros, informações inconsistentes foram obtidas quanto ao efeito da umidade na flutuação populacional do inseto, podendo estar negativamente (Martini et al., 2016) ou positivamente (Hall & Hentz, 2011) correlacionada ao número de psílídeos capturados. Tal inconsistência pode ser explicada pela avaliação de populações residentes do inseto. Os resultados do presente estudo fornecem evidências adicionais para suportar a hipótese que a baixa umidade relativa do ar aumenta a propensão ao voo de psílídeos que estão se dispersando em direção a pomares comerciais, o que explicaria a maior captura de psílídeos por cartão (abundância) e proporção de cartões com capturas (ocupação) em períodos de baixa umidade relativa do ar.

Neste trabalho observou-se que a precipitação pluviométrica acumulada e aumento das temperaturas máxima e mínima resultou em uma maior emissão de fluxo vegetativo (brotações) após 3 semanas. Estudos em áreas com baixo ou ausência de controle de *D. citri* (população residente) demonstraram que os picos populacionais deste inseto estão associados aos fluxos vegetativos (Hall et al., 2008; Hernández-Landa et al., 2018; Laranjeira et al., 2018). Isso ocorre, pois *D. citri* oviposita exclusivamente em brotações novas e as ninfas necessitam de tecidos tenros para o seu desenvolvimento (Cifuentes-Arenas et al., 2018). No presente estudo, picos populacionais de *D. citri* (ocupação) também coincidiram com períodos de emissão de fluxo vegetativo. Porém, ao contrário dos outros trabalhos, os psílídeos capturados nos cartões foram insetos que se dispersaram de áreas sem manejo de *D. citri* (pomares caseiros ou abandonados) ao redor das fazendas avaliadas. Provavelmente as condições climáticas que favoreceram a emissão de fluxo vegetativo nos pomares das fazendas estudadas, também favoreceram nas áreas ao redor destas propriedades. Além disso, áreas sem manejo geralmente apresentam uma alta incidência do HLB, sendo que plantas doentes vegetam mais frequentemente que saudáveis, e conseqüentemente, favorecem o desenvolvimento do psílídeo (Montesino, 2011). Interessantemente, os resultados deste estudo reforçam os estudos preliminares de Monteiro (2013), que observou um aumento no número de adultos de *D. citri* capturados em cartões adesivos, em uma área com frequente controle químico, após 15 a 30 dias da emissão de fluxo vegetativo em pomar vizinho abandonado.

Semelhante ao observado por Laranjeira et al. (2018), por meio de avaliação visual em área sem manejo do psílídeo (população residente), a abundância e ocupação de *D. citri* coletados em cartão adesivo amarelo em pomar com manejo (população dispersante), estão associadas entre si e aos fluxos vegetativos. Essa informação é importante e ajuda na gestão e tomada de decisão para o controle deste inseto vetor. Estudos já demonstram que voláteis e coloração das brotações de citros são atrativos a *D. citri* (Patt & Sétamou, 2010; Sétamou et al.,

2014). Assim, a associação de fluxos vegetativo com picos populacionais nas áreas com manejo, como observado neste trabalho, pode estar relacionado com uma maior atratividade destes pomares aos psilídeos neste período.

Este é o primeiro trabalho que utiliza um vasto banco de dados para retratar o comportamento sazonal de *D. citri* e que demonstrou com clareza o efeito de fatores bióticos e abióticos nesse processo, em condições de campo. Em suma, períodos prévios (3 semanas) de precipitações e aumento das temperaturas máxima e mínima, estimulam a emissão de novos fluxos vegetativos nas laranjeiras, que permite o aumento populacional de *D. citri*. Posteriormente, períodos de temperatura amenas (24°C) e de baixa umidade do ar (54%) estimulam os insetos a se dispersarem das áreas sem manejo para as com manejo, onde são coletados nos cartões adesivos. Devido à alta associação destes fatores abióticos e bióticos, provavelmente quando estas condições ocorrem de forma precoce ou tardiamente, os picos de *D. citri* irão acompanhar o mesmo formato. Estes resultados juntamente com outras pesquisas realizadas pelo Fundecitrus e outras instituições de pesquisa (Esalq e Embrapa), ajudarão no estabelecimento de um sistema de previsão de picos populacionais de *D. citri*.

5. CONCLUSÕES

O período crítico de dispersão de *D. citri* ocorre em meados de julho a novembro.

A redução da umidade relativa do ar estimula a dispersão de *D. citri*, com uma maior média de psílídeos capturados por cartão adesivo amarelo (abundância) e proporção de cartões com capturas (ocupação) em áreas com manejo.

A redução da temperatura máxima estimula a dispersão de *D. citri*, com uma maior proporção de cartões com capturas (ocupação) em áreas com manejo.

A precipitação pluviométrica acumulada e aumento das temperaturas máxima e mínima retroativa (3 semanas) resultam em uma maior emissão de fluxo vegetativo (brotações).

A presença de brotações retroativa é associada a uma maior proporção de cartões com capturas (ocupação) em áreas com manejo.

REFERÊNCIAS

- Ammar, E.-D.D.E., Shatters, R.G.R., Hall, D.G.D. 2011. Localization of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, associated with citrus huanglongbing disease, in its psyllid vector using fluorescence in situ hybridization. **Journal of Phytopathology** 159 (11–12):726–734.
- Arratia-Castro, A.A., Santos-Cervantes, M.E., Fernández-Herrera, E., Chávez-Medina, J.A., Flores-Zamora, G.L., Camacho-Beltrán, E., Méndez-Lozano, J., Leyva-López, N.E. 2014. Occurrence of “*Candidatus Phytoplasma asteris*” in citrus showing Huanglongbing symptoms in Mexico. **Crop Protection** 62:144–151.
- Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos 2019. **Estatísticas de exportação**. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/mercadoexterno/?me=01>>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- Aubert, B. 1990. Integrated activities for the control of huanglongbing-greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. In: _____ **Rehabilitation of citrus industry in the Asia Pacific Region** (ed. by B Aubert, S Tontyaporn & D Buangsuwon). Rome, Italy: FAO-UNDP. p. 133–144.
- Aubert, B., Xia, Y.H. 1990. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya canopies*. In: _____ **Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region** (ed. by B Aubert, S Tontyaporn & D Buangsuwon). Rome, Italy: FAO-UNDP. p. 181–187.
- Ausique, J.J.S., D’Alessandro, C.P., Conceschi, M.R., Mascarin, G.M., Delalibera Júnior, I. 2017. Efficacy of entomopathogenic fungi against adult *Diaphorina citri* from laboratory to field applications. **Journal of Pest Science** 90(3):947-960.
- Ayres, J.A., Sala, I., Miranda, M.P., Wulff, N.A., Bassanezi, R.B., Lopes, S.A. 2018. **Manejo do greening**: dez mandamentos para o sucesso no controle da doença. Araraquara, SP: Fundecitrus. 63 p.
- Barbosa, J. 2010. Caracterização molecular e diversidade de fitoplasmas em pomares de citros no Estado de São Paulo. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo.
- Bassanezi, R.B. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease** 97:789–796.
- Bassanezi, R.B., Busato, L.A., Bergamin Filho, A., Amorim, L., Gottwald, T.R. 2005. Preliminary spatial pattern analysis of huanglongbing in São Paulo, Brazil. In: Hilf M.E., Duran-Vila N., Rocha-Peña M.A. (Ed.). **Proc. 16th Conf. Intern. Organization Citrus Virol.** California, Riverside, Univ. p. 341-355.
- Bassanezi, R.B., Lopes, S.A., Belasque Júnior, J., Sposito, M.B., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Teixeira, D.C., Wulff, N.A. 2010. Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology** 31:11–23.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gasparoto, M.C.G., Bergamin Filho, A., Amorim, L. 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology, Dordrecht** 130(4):577–586.

Belasque Júnior, J., Bergamin Filho, A., Bassanezi, R.B., Barbosa, J.C., Gimenes Fernandes, N., Yamamoto, P.T., Lopes, S.A., Machado, M.A., Leite, R.P. Junior., Ayres, A.J., Massari, C.A. 2009. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening), visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology** 34:137-145.

Belasque Júnior, J., Bassanezi, R. 2010. Lessons from huanglongbing management in Sao Paulo state. Brazil. **Plant Pathology Journal** 92:285–302.

Beloti V.H., Rugno G.R., Felipe M.R., Carmo-Uehara A.D., Garbim L.F., Godoy W.A.C., Yamamoto P.T. 2013. Population dynamics of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in orchards of ‘Valencia’ orange, ‘Ponkan’ mandarin and ‘Murcott’ tangor trees. **Florida Entomologist** 96(1):173-179.

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(4): 1250-1258.

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

Brasil. Instrução Normativa nº 10, de 18 de março de 2005 substituída pela Instrução Normativa nº 53, de 16 de outubro de 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília. Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-mapa-53-de-16-10-2008,830.html>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

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* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). **Phytopathology** 107(3):264–272.

Capoor, S., Rao, D., Viswanath, S. 1967. *Diaphorina citri* Kuwayma (Hemiptera: Liviidae), a vector of the greening disease of citrus in India. **Indian Journal Agricultural Sciences** 37(6):572–579.

Chen, J., Pu, X., Deng, X., Liu, S., Li, H., Civerolo, E. 2009. A phytoplasma related to *Candidatus Phytoplasma asteri* detected in citrus showing huanglongbing (yellow shoot disease) symptoms in Guangdong, P. R. China. **Phytopathology** 99:236-242.

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): e0190563.

Colleta-Filho, H.D., Tagon, M.L.P.N., Takita, M.A., De Negri, J.D., Amaral, A.M., Müller, G.W., Pompeu Júnior, J., Carvalho, S.A., Machado, M.A. 2004. Detecção do agente causal do

greening do citros (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica** 30:510.

Crawley, M. J. 2009. **The R Book**. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

Da Graça, J.V. 1991. Citrus greening disease. **Annual Review Phytopathology** 29:109-136.

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.

Fan, J., Chen C., Brlansky, R.H., Gmitter, F.G., Li, Z.G. 2010. Changes in carbohydrate metabolism in *Citrus sinensis* infected with “*Candidatus Liberibacter asiaticus*”. **Plant Pathology** 59:1037–1043.

Folimonova, S.Y., Achor, D.S. 2010. Early events of citrus greening (Huanglongbing) disease development at the ultrastructural level. **Phytopathology** 100:949–58.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2018. **Levantamentos Greening**. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/greening>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2019. **Inventário de árvores e estimativa de safra**. Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

Garnier, M., Danel, N., Bove, J.M., Bové, J. 1984. The greening organism is a Gram negative bacterium. **Proceedings of the 9th Conference of International Organization of Citrus Virologists**. Riverside. p. 115–124.

Gómez-Torres, M.L., Nava, D.E., Gravena, S., Costa, V.A., Parra, J.R.P. 2006. Primeiro registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) no Brasil. **Revista de Agricultura** 81:112–117.

Gottwald, T.R., Da Graça, J.V., Bassanezi, R.B. 2007. Citrus huanglongbing: the pathogen, its epidemiology, and impact. **Plant Healthy Progress**. doi: 10.1094/PHP-2007-0906-01-RV.

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

Halbert, S.E. 2005. The discovery of huanglongbing in Florida. **Proceedings of the 2nd International Citrus Canker and Huanglongbing Research Workshop**. Orlando, Florida Citrus Mutual. 2005. p. H-3.

Hall, D.G. 2009. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the relative abundance of adult *Diaphorina citri* in citrus. **Journal of Economic Entomology** 102:446–452.

Hall, D.G. 2017. Incidence of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” in a Florida population of Asian citrus psyllid. **Journal of Applied Entomology** 00:1–7.

- Hall D.G., Hentz M.G., Adair JR.2 R.C. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two florida citrus groves. **Environmental Entomology** 37(4):914-924.
- Hall, D.G., Wenninger, E.J., Hentz, M.G. 2011. Temperature studies with the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama: cold hardiness and temperature thresholds for oviposition. **Journal of Insect Science** 11:1–15.
- Hall, D.G., Hentz, M.G. 2011. Seasonal flight activity by the Asian citrus psyllid in east central Florida. **Entomologia Experimentalis Applicata** 139:75–85.
- Hernández-Landa L., Lopez-Collado J., González-Hernández H., Vargas-Mendoza M., Osorio-Acosta F., Nava-Tablada M. E. 2018. Fluctuation and synchronization of adults catches of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in urban backyards and commercial citrus plantations. **Journal of Asia-Pacific Entomology** 21(3): 745-753.
- 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(1): 29–36.
- Irey, M.M.S.M., Gast, T., Snively, J. 2008. Economic impact of managing Huanglongbing in groves at Southern Gardens Citrus. **Proceedings of the 1st Taller International sobre Huanglongbing de los cítricos (Candidatus Liberibacter spp) y el psílido asiático de los cítricos (Diaphorina citri)**. Hermosillo. p. 1–5.
- Jagueix, S., Bove, J-M.M., Garnier, M. 1994. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the alpha subdivision of the Proteobacteria. **International Journal of Systematic Bacteriology** 44:379–86.
- Kim, J-S., Sagaram, U.S., Burns, J.K., Li, J-L., Wang, N. 2009. Response of sweet orange (*Citrus sinensis*) to “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” infection: microscopy and microarray analyses. **Phytopathology** 99:50–57.
- Kobori, Y., Nakata, T., Ohto, Y. 2011a. Estimation of dispersal pattern of adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology** 55:177–181.
- Kobori, Y, Nakata, T, Ohto, Y., Takasu, F. 2011b. 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.
- Laranjeira F.F., Santos T.T.C., Moreira A.S., Sanches I., Nascimento A.S., Silva S.X.B., Andrade E.C., Almeida D.O. 2018. Association between citrus flushing cycles and citrus psyllid demography in Huanglongbing-free area in Brazil. **Neotropical Entomology**. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0657-9>.
- 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 Economic Entomology** 108(1):3-10.

- Lopes, S.A., Martins, E.C., Frare, G.F. 2006. Detecção de *Candidatus Liberibacter asiaticus* em *Murraya paniculata*. **Fitopatologia Brasileira** 31:S303.
- 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.
- Malik, N.S.A., Perez, J.L., Kunta, M., Patt, J.M., Mangan, R.L. 2014. Changes in free amino acids and polyamine levels in Satsuma leaves in response to Asian citrus psyllid infestation and water stress. **Insect Science** 21:707–716.
- Martinez, A., Wallace, J. 1967. Citrus leaf mottle-yellows disease in the Philippines and transmission of the causal virus by a psyllid, *Diaphorina citri*. **Plant Disease Reporter** 51: 692–695.
- Martini, X., Pelz-Stelinski, K.S., Stelinski, L.L. 2016. Factors affecting the overwintering abundance of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) in Florida citrus (Sapindales: Rutaceae) orchards. **Florida Entomologist** 99:178–186.
- Martini, X., Stelinski, L.L. 2017. Influence of abiotic factors on flight initiation by Asian Citrus Psyllid. **Environmental Entomology** 46(2):369-375.
- Michigami, F.A.B. 2015. Benefícios das medidas de manejo adotadas interna e externamente a uma propriedade comercial de citros na redução do progresso do Huanglongbing. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
- Miranda, M.P., Santos, F.L., Bassanezi, R.B., Montesino L.H., Barbosa, J.C., Sétamou, M. 2017. Monitoring methods for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) on citrus groves with different insecticide application programmes. **Journal of Applied Entomology** 142 (1-2): 89-96.
- Monteiro, A.B. 2013. Efeito de um pomar sem manejo de Huanglongbing sobre a ocorrência de *Diaphorina citri* e incidência de plantas doentes em uma área vizinha com manejo da doença. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
- Montesino, L.H. 2011. Evolução dos sintomas de Huanglongbing em laranjeiras jovens: relação com época do ano, fenologia das plantas, flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) e medidas de controle do vetor. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
- Paiva, P.E.B., Parra, J.R.P. 2012. Parasitismo natural de ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) por *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera, Eulophidae) em pomares de laranja em São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia** 56(4).
- Parra, J.R.P., Lopes, J.R.S., Gomez-Torres, M.L., Nava, D.E., Paiva, P.E.B. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. **Citrus Research and Technology** 31(1):37-51.
- 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** 39:618–624.

Pelz-Stelinsk, K.S., Brlansky, R.H., Ebert, T.A., Rogers, M.E. 2010. Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). **Journal of Economic Entomology** 103(5):1531-41.

Pinheiro, J.C., Bates, D.M. 2000. **Mixed-effects models in S and S-PLUS**. New York: Springer. 528 p.

Sassi, R.S. 2016. Incidência e distribuição de *Diaphorina citri* de *Candidatus Liberibacter asiaticus* em regiões citrícolas com alerta fitossanitário no estado de São Paulo. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.

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., Sanchez, A., Saldaña, R.R., Patt, J.M., Summy R. 2014. Visual responses of adult Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) to colored sticky traps on citrus trees. **Journal of Insect Behavior** 27(4):540-553.

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.

Teixeira, D.C., Ayres, A.J., Kitajima, E.W., Tanaka, F.A.O., Danet, J.L., Jagoueix-Eveillard, S., Saillard, C., Bové, J.M. 2005a. First report of a huanglongbing-like disease of citrus in Sao Paulo State, Brazil, and association of a new liberibacter species. *Candidatus Liberibacter americanus*, with the disease. **Plant Disease** 89:107.

Teixeira, D.C., Saillard, C., Eveillard, S., Danet, J.L., Ayres, A.J., Bové, J.M. 2005b. *Candidatus Liberibacter americanus* sp. nov., associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** 55:1857-1862.

Teixeira, D.C., Wulff, N.A., Martins, E.C., Kitajima, E.W., Bassanezi, R., Ayres, A.J., Eveillard, S., Saillard, C., Bové, J.M. 2008. A phytoplasma closely related to the pigeon pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in the state of Sao Paulo, Brazil. **Phytopathology** 98:977-984.

Tomaseto, A.F. 2016. Fatores bióticos e abióticos influenciando a mobilidade e aspectos biológicos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo.

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

Wenninger, E., Hall, D. 2007. Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist** 90(4):715–722.

Yamamoto P.T., Paiva P.E.B., Gravena S. 2001. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região norte do Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology** 30:165-170.

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

Yasuda, K., Kawamura, F., Oishi, T. 2005. Location and preference of adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on Chinese box orange jasmine, *Murraya exotica* L. and Flat Lemon, *Citrus depressa*. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology** 49(3):146–149.