**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Capacidade de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama
(Hemiptera: Psyllidae)**

Arthur Fernando Tomaseto

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia**

**Piracicaba
2012**

Arthur Fernando Tomaseto
Engenheiro Agrônomo

**Capacidade de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama
(Hemiptera: Psyllidae)**

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO ROBERTO SPOTTI LOPES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Tomaseto, Arthur Fernando

Capacidade de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) / Arthur
Fernando Tomaseto. - Piracicaba, 2012.
78 p: il.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Bactérias fitopatogênicas 2. Brotação 3. Coberturas vegetais 4. Epidemiologia
5. Greening (Doença de planta) 6. Hemiptera 7. Insetos vetores 8. Marcação animal
I. Título

CDD 632.752
T655c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO

- Aos meus pais, **Márcia Galbiati Tomaseto e Laércio Ernesto Tomaseto**

"Mãe e pai,

Foram tantas as dificuldades que nem sei como expressar, em palavras, toda minha gratidão. Vocês são pessoas maravilhosas, que souberam educar seus filhos, são exemplos de pais... Graças a vocês que estou aqui hoje, cumprindo mais uma etapa em minha vida acadêmica.

O segredo da educação vem de casa, de pais presentes que sabem realmente ensinar o melhor da vida para os seus filhos.

Eu tenho muito orgulho dos meus pais... AMO VOCÊS!!!"

- À minha querida irmã, Adriane e meu cunhado Renato, pela grande companhia e ajuda em todos os momentos do mestrado. Vocês sempre serão as pessoas mais importantes em minha vida! Agradeço muito por tudo o que vocês fizeram por mim.
- A todos os membros da minha família, que de alguma maneira contribuíram para a realização de mais essa etapa em minha vida, em especial: Tia Silvia, Tio Wagner, Tia Ligia, Tio Juca, Tio Gerinho, Tia Márcia, Ana Clara, Guilherme, Daniel e Victor.
- Ao meu avô **Reinaldo Galbiati**, pela grande pessoa que foi. Tenho certeza que está com muito orgulho de mim, justamente por eu ter me graduado e feito mestrado na grande "Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz".
- Ao grande amor da minha vida, **Nathalie**.

"Linda,

*Se me perguntarem se existe destino. Se existe uma força que une duas pessoas. Tenho **certeza** que sim. A maior prova disso é você. Muito obrigado por estar ao meu lado em todos os momentos difíceis e alegres na realização dessa dissertação e também em minha vida! Você me completa. **TE AMO MUITO!!!"***

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. João Roberto Spotti Lopes, pelos ensinamentos desde 2008, tendo início na graduação e se estendendo pelo mestrado, pela paciência, ajuda, amizade, e principalmente por ter me dado a grande oportunidade de realizar um trabalho que, apesar da dificuldade, ajudou muito em minha vida profissional e pessoal.

Ao Dr. Marcelo Pedreira de Miranda, pesquisador do Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITRUS), pelas oportunidades, orientação, incentivo e principalmente pela amizade e por ter me ajudado no primeiro contato com o inseto *Diaphorina citri*, em 2008.

Ao Dr. Rodrigo Krugner, pesquisador do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture*), Parlier, CA, EUA, pelas ideias na elaboração do projeto, orientação, e interpretação dos resultados.

Ao professor Dr. Sinval Silveira Neto, do Departamento de Entomologia e Acarologia ESALQ-USP, pela ajuda nos cálculos dos índices de dispersão, interpretação dos resultados e principalmente pela hospitalidade, simpatia e atenção.

Ao professor Dr. Wesley Augusto Conde Godoy, do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ-USP, pela ajuda na adequação do modelo monomolecular aos dados oriundos dos índices de dispersão, pela paciência e simpatia.

Ao professor Dr. Peterson Ricardo Fiorio, do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ-USP, pela grande ajuda no levantamento topográfico das plantas cítricas.

À professora Dra. Sônia Maria de Stefano Piedade e sua orientada Renata Alcarde, do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ-USP, pela grande ajuda nas análises estatísticas, pelos ensinamentos, e principalmente pela atenção e amizade.

Aos professores do Departamento de Entomologia e Acarologia, pelos ensinamentos ministrados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas.

Ao Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITRUS) pelo auxílio financeiro para a realização do presente projeto.

Aos integrantes do grupo de estágio TOPOGEO, pela realização do levantamento topográfico na área experimental.

Aos companheiros de trabalho e amigos do Laboratório de Insetos Vetores: Anderson, Bel, Carla, Cláudio, Cléder, Cristiane, Daniela, Gabriel, Gerane, Javier, Luiza, Juliana, Maria Cristina, Mariana, Nathalie, Rodrigo Marques, Tiago e Willis pela grande ajuda e convivência durante esses dois anos de mestrado.

Àqueles que me ajudaram constantemente no campo, Cláudio, Gabriel, Anderson e Tiago, pelo grande auxílio no plantio das mudas, aplicação de herbicidas, confecção de uma cerca, roçagem do mato, nas trocas de armadilhas, etc.

À minha namorada Nathalie, por todo amor, apoio, ajuda e compreensão.

Aos amigos Alexandre e Gustavo, pelo fornecimento de grande número de insetos oriundos da criação massal do Laboratório de Biologia de Insetos.

Aos amigos da pós-graduação, pela convivência, companheirismo e descontração durante os dois anos de mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ-USP pelo auxílio e amizade.

A todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 DESENVOLVIMENTO	17
2.1 Revisão Bibliográfica	17
2.1.1 <i>Huanglongbing</i> (Greening)	17
2.1.2 Agentes causais associados ao <i>Huanglongbing</i>	18
2.1.3 O inseto vetor, <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama	19
2.1.4 Aspectos epidemiológicos do <i>Huanglongbing</i>	20
2.1.5 Dispersão de insetos vetores de fitopatógenos	22
2.1.6 Métodos de marcação de insetos para estudos de dispersão	24
2.2 Material e Métodos	26
2.2.1 Sobrevivência de psílídeos marcados com pó fluorescente	26
2.2.2 Área experimental.....	27
2.2.3 Marcação e liberação de <i>D. citri</i>	28
2.2.4 Efeito de coberturas vegetais na dispersão de <i>D. citri</i>	30
2.2.5 Influência de brotações na dispersão de <i>D. citri</i>	32
2.2.6 Distâncias máximas de dispersão	33
2.2.7 Mapas de infestação	34
2.2.8 Proporção de psílídeos recapturados em cada distância	35
2.2.9 Índices de dispersão.....	35
2.2.10 Taxa de recaptura de <i>D. citri</i> para estudos de dispersão	36
2.2.11 Análises estatísticas	36
2.3 Resultados e Discussão	38
2.3.1 Sobrevivência de psílídeos marcados com pó fluorescente	38
2.3.2 Efeito de coberturas vegetais na dispersão de <i>D. citri</i>	40
2.3.3 Influência de brotações na dispersão de <i>D. citri</i>	47
2.3.3.1 Pontos cardeais, distâncias e ventos predominantes	47
2.3.4 Distâncias máximas de dispersão	51
2.3.5 Proporção de psílídeos recapturados em cada distância	56
2.3.6 Taxa de recaptura.....	60

2.3.7. Índices de dispersão	62
2.3.7.1 Distância média de dispersão	62
2.3.7.2 Área abrangida.....	65
3 CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	71

RESUMO

Capacidade de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)

O *Greening* ou *Huanglongbing* (HLB) é a doença mais devastadora dos citros na atualidade. Levantamentos mostram que a enfermidade está presente em cerca de 60% dos talhões do parque citrícola paulista, demonstrando sua grande capacidade de disseminação. O psílideo-asiático-dos-citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) é um importante vetor dos agentes causais associados ao HLB. Sua capacidade de dispersão está intimamente relacionada ao progresso da doença no campo. Não se tem conhecimento dos principais fatores que possam interferir no deslocamento do inseto até plantas cítricas. Sendo assim, a presente pesquisa teve como objetivo investigar a influência de alguns fatores ambientais sobre a dispersão do psílideo *D. citri*, discutindo-os em relação à epidemiologia do HLB dos citros. Inicialmente foram realizados testes em laboratório para adaptação da metodologia de marcação, liberação e recaptura usando pó fluorescente. Grupos de psíldeos adultos foram marcados e sua sobrevivência avaliada, verificando a influência de quatro cores distintas de pó fluorescente (amarelo, azul, rosa e verde). Posteriormente realizaram-se estudos de campo com quatro liberações de psíldeos, com marcadores distintos, em quatro áreas experimentais circulares e adjacentes, sendo formadas por círculos concêntricos localizados a 18, 24 e 30 m de cada centro de liberação. Os insetos foram monitorados visualmente e por armadilhas adesivas amarelas. Nas 1ª e 2ª liberações, foi verificado o efeito das coberturas vegetais milho (*Zea mays* L.) e capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) na dispersão de *D. citri*. Já nas 3ª e 4ª liberações, foi estudado o efeito de brotações no deslocamento do inseto. A influência dos ventos foi avaliada em ambas as situações. A análise de sobrevivência indicou que não houve interferência das quatro cores de pó fluorescente em *D. citri*, sendo a marcação visível no corpo dos insetos durante os 48 dias de avaliação. De acordo com as análises fatoriais, não foi observada qualquer interferência da cobertura vegetal milho, medindo 2 m de altura, na dispersão do inseto. Na presença de brotações, adultos de *D. citri* dispersaram menos em busca de novos hospedeiros, acumulando-se nas primeiras linhas de plantas cítricas. Após 6 horas da liberação, a capacidade de dispersão máxima de *D. citri* foi três vezes maior na condição de ausência de brotações. A dispersão média e a área total abrangida variaram assintoticamente com o tempo, ou seja, o inseto possui inicialmente grande velocidade de dispersão, porém esta tende a se estabilizar com o incremento do tempo. Esses resultados deixam claro que *D. citri* realiza movimentos dependendo das condições fenológicas de seus hospedeiros, ressaltando a grande importância de se intensificar métodos de controle regionais em épocas em que o fluxo vegetativo das plantas cítricas não é tão intenso.

Palavras-chave: Psílideo-asiático-dos-citros; Epidemiologia; Dispersão de insetos vetores; Marcação; Liberação e recaptura; Coberturas vegetais; Brotações

ABSTRACT

Dispersal of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)

Greening or Huanglongbing (HLB) is the most devastating disease of citrus today. Surveys show that the disease is present in about 60% of the park stands citrus Sao Paulo, demonstrating its great ability to spread. The Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) is an important vector of the causative agents associated with HLB. Its ability to spread is closely related to disease progression in the field. There is no knowledge of the main factors that can affect the movement of the insect to citrus plants. Thus, the present study aimed to investigate the influence of some environmental factors on the dispersal of psyllid *D. citri*, discussing them in relation to the epidemiology of HLB of citrus. Initially tests were performed in the laboratory to adapt the methodology of marking, release and recapture using fluorescent powder. Groups of adult psyllids were marked and their survival assessed by checking the influence of four different colors of fluorescent powder (yellow, blue, pink and green). Subsequent studies were conducted with four field releases psyllids, with distinct markers on four experimental areas adjacent circular and being formed by concentric circles located at 18, 24 and 30 m for each center release. The insects were monitored visually and by yellow sticky traps. In the 1st and 2nd releases, was to determine the effect of cover crops maize (*Zea mays* L.) and grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) in the dispersal of *D. citri*. In the 3rd and 4th releases, were studied the effect of shootings in insect movement. The influence of the wind has been evaluated in both situations. Survival analysis indicated that there was no interference of the four colors of fluorescent powder on *D. citri*, and marking was visible on the body of insects during the 48 days of evaluation. According to the factor analysis, no interference of vegetation corn (measuring 2 m in height) was observed in the dispersal of the insect. In the presence of shoots, adult *D. citri* less dispersed looking for new hosts and it accumulate in the first lines of citrus plants. After 6 hours of release, the *D. citri* maximum dispersal was three times higher in the condition of absence of shoots. The dispersal medium and the total area covered varied asymptotically with time, ie the insect has initially high speed dispersal, but this tends to stabilize with increasing time. These results clearly show that *D. citri* performs movements depending on the phenology of its hosts, emphasizing the importance of intensifying regional control methods at times when the flow of plant citrus is not intense.

Keywords: Asian citrus psyllid; Epidemiology; Dispersal of insect vectors; Marking, Release and recapture; Cover; Shoots

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande destaque como maior produtor de laranjas e exportador de seu suco concentrado do mundo. O produto é quase que em sua totalidade, exportado para grandes centros consumidores na forma de suco concentrado. Dados temporais mostram a supremacia do país quando comparado com seu principal concorrente, os Estados Unidos da América. No ano de 2010, a colheita brasileira foi aproximadamente 18 milhões de toneladas de laranjas, o que representa cerca de três vezes a produção norte-americana (FAOSTAT, 2010).

Apesar da grande produção e da evidência internacional, o Brasil, assim como os outros principais centros produtores de laranja do mundo, sofrem com diversos problemas fitossanitários. Dentre esses, o *Greening* ou *Huanglongbing* (HLB) é considerado a principal ameaça atual da cultura, representando incrementos significativos nos custos de produção e redução pronunciada na quantidade e qualidade dos frutos colhidos. No Brasil, a doença foi relatada pela primeira vez no ano de 2004 em propriedades localizadas na região central do estado de São Paulo (TEIXEIRA et al., 2005). Nos dias atuais, levantamentos mostram que a enfermidade está presente em cerca de 60% dos talhões do parque citrícola paulista (FUNDECITRUS, 2011), o que demonstra a grande capacidade de disseminação dos agentes causais.

A doença está associada a bactérias gram-negativas do gênero *Candidatus Liberibacter* nas formas africana (*Ca. L. africanus*), americana (*Ca. L. americanus*) e asiática (*Ca. L. asiaticus*) (BOVÉ, 2006). A disseminação dessas bactérias é dependente de um organismo vetor capaz de adquiri-las, transportá-las e inoculá-las em plantas hospedeiras, ou pode ocorrer pela ação do homem, por meio de enxertia de material propagativo oriundo de plantas doentes. O psílideo-asiático-dos-citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) e o psílideo-africano-dos-citros, *Trioza erytreae* (Del Guercio) (Hemiptera: Triozidae) são os insetos vetores responsáveis pela veiculação natural desses fitopatógenos. No Brasil foi relatada em citros a presença de *Ca. L. americanus* e *Ca. L. asiaticus* (COLLETA-FILHO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2005), sendo ambas transmitidas por *D. citri*, presente nos pomares brasileiros.

Os métodos de controle da doença baseiam-se na utilização de mudas saudáveis, controle químico do inseto vetor e erradicação de plantas sintomáticas.

Ações de diminuição das fontes de inóculo juntamente com um controle eficiente do inseto vetor podem contribuir para um manejo correto do HLB.

Para serem efetivas, as ações de manejo devem se estender a todas as propriedades citrícolas em uma região afetada. Táticas de manejo restritas a poucos pomares podem reduzir a disseminação secundária da doença, justamente por diminuir a transmissão “planta a planta” dentro do pomar, porém são incapazes de evitar que psíldeos infectivos, oriundos de fontes externas de inóculo, iniciem todo o processo epidemiológico da doença (incluindo disseminação primária) em um pomar devidamente manejado. Tal fato pode explicar os “efeitos de borda” tão característicos do HLB nos pomares cítricos, ressaltando a importância de um manejo regional para que a incidência da doença seja reduzida (BASSANEZI et al., 2010).

Em vista da necessidade de adoção de táticas de manejo que considerem os insetos provenientes de áreas vizinhas, estudos que esclareçam a capacidade de dispersão do psíldeo mostram-se extremamente relevantes. O entendimento da dispersão pode esclarecer dúvidas relacionadas à dinâmica epidemiológica da doença e melhorar as estratégias de manejo do HLB.

Assim como em qualquer outro patossistema que envolva vetor, patógeno e hospedeiro, as relações ecológicas são influenciadas por diversos fatores, sendo eles bióticos e abióticos. Todas as etapas de voo de um inseto vetor podem ser alteradas de acordo com a situação que o *habitat* propicia, com implicações sobre a disseminação dos patógenos, reforçando a importância de estudos que relacionem a dispersão do vetor e os principais fatores ambientais envolvidos no processo. Alguns desses elementos podem ser direção e intensidade de ventos (COVIELLA, et al., 2006; KOBORI, et al., 2011; BLACKMER et al., 2004; THEIN et al., 2012), temperatura do ar (ISAACS e BYRNE, 1998), umidade relativa (HALL e HENTZ, 2011), pluviosidade (MORSELLO et al., 2010), luminosidade (SÉTAMOU et al., 2012), presença ou ausência de predadores ou parasitoides (HODGE et al, 2011), estado fisiológico ou comportamental do inseto (VEENSTRA e BYRNE, 1999), estágio fenológico da planta hospedeira (SAMWAYS e MANICOM, 1983) e coberturas vegetais. Considerando insetos de tamanho reduzido como *D. citri*, é natural considerar que direção e intensidade dos ventos tenham papel importante no deslocamento dos mesmos. Dependendo da biologia reprodutiva ou do hábito alimentar, um inseto pode ter seu voo influenciado diretamente pela presença de

brotações, o que poderia aumentar ou não as taxas de procura do hospedeiro e, consequentemente, alterar a direção, velocidade e/ou distância da disseminação de um patógeno. Coberturas vegetais podem ter efeito no processo de dispersão natural do inseto, atuando de forma física (SMITH e MCSORLEY, 2000) ou química (produção de aleloquímicos) (ZAKA et al., 2010), interferindo na localização e reconhecimento do hospedeiro, ou atuando como uma barreira para o deslocamento dos mesmos em direção ao hospedeiro. A luminosidade também pode influenciar a dispersão do inseto, já que muitas espécies de insetos orientam seu voo de acordo com variações na intensidade de luz, a qual pode mudar de acordo com os diferentes pontos cardeais e horários do dia (SÉTAMOU et al., 2012).

Geralmente, estudos de dispersão são complexos devido à necessidade de realização de ensaios em campo, o que diminui o controle do pesquisador pela grande gama de fatores interagindo. Por isso recomenda-se a utilização de técnicas especializadas para ter sucesso nos experimentos, como a de Marcação-Liberação e Recaptura (REYNOLDS et al., 1997). Esse tipo de procedimento utiliza substâncias marcadoras de insetos, que são essenciais a análise de recaptura nos estudos de dispersão. Pós fluorescentes são excelentes para a marcação da maioria das espécies, por serem de baixo custo, fácil disponibilidade, ambientalmente seguros e de simples aplicação e detecção (HAGLER e JACKSON, 2011).

A presente pesquisa procurou investigar a influência de alguns fatores ambientais sobre a dispersão do psílideo *D. citri*, discutindo-os em relação à epidemiologia do HLB dos citros. Sendo assim, os objetivos foram: a) adaptar uma metodologia de marcação, liberação e recaptura para estudos de dispersão de *D. citri* usando pó fluorescente; b) avaliar o efeito de ventos predominantes, coberturas vegetais e brotações de plantas cítricas na dispersão de *D. citri*; e c) determinar a velocidade, distância média e área total de dispersão de *D. citri*.

Estudos que esclareçam a capacidade de dispersão de insetos no campo são de suma importância, principalmente para vetores de fitopatógenos. Com informações sobre a dispersão de *D. citri*, táticas de manejo de HLB e de implantação de pomares poderão ser alteradas para que os efeitos da disseminação primária e secundária sejam reduzidos e assim contribuam positivamente para o sucesso no controle da doença na citricultura.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 *Huanglongbing* (Greening)

A citricultura mundial sempre vivenciou problemas relacionados à fitossanidade: Tristeza, Leprose, Morte Súbita, Declínio, Gomose, Podridão Floral, Cancro Cítrico, Clorose Variegada dos Citros, as quais necessitaram e necessitam de diversos esforços da pesquisa, ensino e extensão para que seus efeitos possam ser minimizados. Com a constatação do *Greening* ou *Huanglongbing* (HLB), novos esforços tiveram que ser direcionados (e continuam) para que esse novo problema possa ser solucionado.

O HLB constitui-se na principal ameaça à indústria produtora de suco de laranja no mundo (BOVÉ, 2006), sendo considerada a pior e mais devastadora doença dos citros (HALBERT e MANJUNATH, 2004), ocasionando perdas significativas na produção e qualidade de frutos colhidos.

Os primeiros indícios do HLB datam do século XVIII, em províncias da Índia, onde inicialmente foi denominado como morte progressiva de ramos (*dieback*) (CAPOOR, 1963). No ano de 1912, a doença foi considerada um sério problema na província de Mumbai (Índia) e em 1919, foi mencionada uma doença chamada de brotos amarelados (*yellow shoot*) no sul da China, que em 1935 tornou-se um problema sério nos pomares da região (GOTTWALD; DA GRAÇA; BASSANEZI, 2007; DA GRAÇA, 1991; DA GRAÇA, 2008). Por todo o século XX, a doença foi relatada na maioria das regiões produtoras do continente asiático, sendo um indicativo de que materiais propagativos doentes e insetos infectivos teriam contribuído para essa disseminação (DA GRAÇA, 2008). Acreditava-se que a doença estivesse mais associada a deficiências nutricionais ou excesso de água do que por agentes fitopatogênicos. Porém em 1956, foi comprovado que a doença era transmitida por enxertia (BOVÉ, 2006 *apud* LIN, 1956), o que contribuiu para a elucidação de que a enfermidade era associada a um agente biótico.

Antes de ser identificada como uma doença, o HLB era conhecido por diversos nomes: brotos amarelados (*huanglongbing*) na China, declínio (*likupin*) em Taiwan, morte progressiva de ramos (*dieback*) na Índia, degeneração do floema (*vein fhloem degeneration*) na Indonésia e ramo amarelo (*yellow branch*), mancha

mosqueada (*blotchy-mottle*) ou esverdeamento (*Greening*) na África do Sul (DA GRAÇA, 1991). Primeiramente o nome *Greening* foi adotado pela comunidade científica, referindo-se à coloração característica dos frutos de árvores com a doença. Porém em 1995, em Congresso da Organização Internacional de Virologistas de Citros (IOCV), na China, decidiu-se que o nome oficial da doença seria *Huanglongbing* (GOTTWALD; DA GRAÇA; BASSANEZI, 2007).

No continente americano, o primeiro relato da doença ocorreu em 2004 no Brasil, em propriedades localizadas na região central do estado de São Paulo (COLLETA-FILHO, et al., 2004). Em 2005, amostras positivas do teste molecular *PCR* (Reação em Cadeia da Polimerase) foram obtidas de plantas sintomáticas encontradas no estado da Flórida, EUA (HALBERT, 2005). Assim, a partir de 2005, os dois principais polos internacionais de produção de laranja começaram a conviver com a principal doença do citros na atualidade.

2.1.2 Agentes causais associados ao *Huanglongbing*

A partir do ano de 1967, quando já havia sido demonstrado que a doença podia ser transmitida por meio da enxertia e por psílídeos vetores (*D. citri* e *T. erytrea*), houve um consenso de que o agente causal do HLB poderia ser um vírus, já que nessa época não se conhecia outros agentes causais que pudessem ser transmitidos dessa maneira. Porém, a partir do desenvolvimento da microscopia eletrônica é que se tornou possível a comprovação de que os agentes causais associados à doença eram bactérias gram-negativas que se desenvolviam nos vasos floemáticos das plantas (BOVÉ, 2006).

Por serem bactérias não cultiváveis em meio de cultura (TEIXEIRA et al., 2005), a partir de estudos moleculares, os agentes causais do HLB foram denominados como alpha-proteobactérias do gênero "*Candidatus Liberibacter*". Os organismos desse grupo de bactérias vivem em íntima relação com células eucarióticas e em muitos casos adquirem a capacidade de sobreviverem e crescerem dentro de artrópodes vetores (JAGOUÉIX; BOVÉ; GARNIER, 1994).

São conhecidas três espécies de *Candidatus Liberibacter* associadas ao HLB dos citros, sendo elas: *Ca. L. africanus*, *Ca. L. asiaticus*, e *Ca. L. americanus*. A forma africana da bactéria está restrita ao continente africano e é transmitida pelo

psílídeo *T. erytrea*. As formas asiática e americana são encontradas nas outras regiões produtoras de citros, sendo transmitidas pelo psílídeo *D. citri*.

2.1.3 O inseto vetor, *Diaphorina citri* Kuwayama

O psílídeos-asiático-dos-citros (*D. citri*) é um pequeno inseto que mede cerca de 2 mm de comprimento, de coloração marrom-clara na forma jovem e manchado de escuro na forma adulta. As formas jovens (ninfas) são achatadas, pouco convexas, possuem pernas curtas e movimentam-se restritamente. Possuem tecas alares que aumentam de tamanho a cada ecdise. Os adultos são mais ativos e tem o terceiro par de pernas do tipo saltatório, auxiliando no voo de ramo em ramo ou de planta em planta, em busca de novos sítios de alimentação ou oviposição (GALLO et al., 2002). Quando em repouso ou em alimentação, os adultos mantêm sua cabeça próxima à superfície da folha e o corpo posicionado a 45° do substrato em que se encontram (HALL, 2008). Possuem um aparelho bucal do tipo sugador labial tetraqueta, formado por 2 estiletes maxilares e 2 estiletes mandibulares e ao se alimentarem geralmente preferem a parte abaxial das folhas (BONANI, 2009).

No Brasil, há relatos do inseto na década de 1940 (COSTA LIMA, 1942) e até a primeira descrição do HLB, em 2004 era considerada uma praga secundária dos citros, a qual não causava prejuízos consideráveis. Nessa época, a principal preocupação em relação ao inseto era relacionada ao seu dano direto, ou seja, alimentação de folhas novas, injeção de toxinas (que poderiam induzir a deformação e queda de folhas) e por favorecerem o desenvolvimento de fungos causadores da fumagina a partir do *honeydew* deixado sobre folhas e frutos. Foi a partir da comprovação de que o inseto é vetor dos agentes causais do HLB (CAPOOR, et al., 1967) é que o *status* de praga secundária foi elevado ao nível de principal praga do citros no mundo.

De acordo com Nava et al.(2007), adultos recém emergidos atingem a maturidade sexual após um período de 10 dias, e as fêmeas chegam a colocar em média 350 ovos em plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack, com um pico de oviposição ocorrendo 8 dias após a maturidade sexual. Baseados na frequência de distribuição e largura da cápsula cefálica, o período ninfal foi dividido em 5 ínstares independentemente do hospedeiro estudado. Na temperatura de 25°C e em plantas

de *M. paniculata*, os autores observaram que o período de desenvolvimento médio de ninfas foi de 14,93 dias e o ciclo biológico completo 44,4 dias.

Ao estudar a influência da temperatura no desenvolvimento do inseto, Nava et al. (2007) observaram não haver interferência significativa na viabilidade do ciclo de vida (ovo à adulto) quando submetidos à temperaturas de 18 à 30°C, todavia a partir de 32°C a viabilidade diminuía a valores próximos de 7%, indicando que temperaturas acima de 32°C podem ser desfavoráveis ao desenvolvimento do inseto. Ao nos referirmos à umidade, dados de Mcfarland e Hoy (2001) indicaram que a sobrevivência de *D. citri* aumentou variando-se a umidade relativa de 7 para 97%. Os autores observaram também que esses insetos tinham a capacidade de sobreviver também em condição de umidades relativa baixa (7 e 33%), sugerindo que poderiam se dispersar e sobreviver em condições mais áridas encontradas na região oeste dos Estados Unidos.

Flutuações populacionais de *D. citri* são constantemente influenciadas pelos fluxos de brotações, já que sua biologia reprodutiva é dependente de posturas realizadas em brotos não expandidos. Além disso, ninfas desenvolvem-se exclusivamente em folhas novas, aumentando a importância de ramos novos para o desenvolvimento do inseto. Grandes infestações podem ocorrer a qualquer período do ano, sendo diretamente dependentes de fatores ambientais e da disponibilidade de brotações (HALL; HENTZ; ADAIR JR., 2008).

2.1.4 Aspectos epidemiológicos do Huanglongbing

A dispersão de *D. citri* está intimamente relacionada à epidemiologia do HLB dos citros, já que o inseto vetor carrega os agentes causais até plantas saudáveis. Ao analisarmos dados de evolução da incidência da doença, podemos verificar que no ano de seu primeiro relato (2004), 3,4% das propriedades do estado de São Paulo possuíam plantas com a doença. No ano de 2009, levantamentos indicaram a presença da doença em 24% das propriedades (BELASQUE JUNIOR. et al., 2010) e no ano de 2011 em 55% de todo o parque citrícola paulista (FUNDECITRUS, 2011). Esse avanço acelerado do HLB entre as propriedades citrícolas é um grande indicativo do seu poder de disseminação, sendo este intimamente relacionado com a dispersão do inseto vetor no campo.

De acordo com Bergamin-filho (2009) podemos evidenciar dois conceitos que claramente influenciam no manejo, incidência e propagação da doença no campo: a disseminação primária e a secundária. Estes conceitos caracterizam a entrada do patógeno em determinado local proveniente de fontes externas de inóculo (disseminação primária) e a veiculação do patógeno de plantas infectivas para plantas sadias dentro do pomar (disseminação secundária). Quando o manejo da doença é devidamente realizado, os problemas com a disseminação secundária são reduzidos, porém fontes externas do vetor (infectivos ou não) podem existir, dependendo da presença de áreas vizinhas não manejadas, o que evidencia a necessidade de um manejo regional do problema. Lopes et al. (2009) observaram que maiores chances de sucesso no manejo da doença eram obtidas em pomares distantes de propriedades sem manejo da doença, enfatizando o problema da disseminação primária nos pomares de citros. Segundo Bassanezi et al. (2010), a disseminação primária da doença é a mais perigosa forma de disseminação, já que o produtor não tem como controlar os psílídeos que alimentam-se em fontes externas de inóculo, chegam no pomar e transmitem a bactéria antes de morrerem pela ação dos inseticidas sistêmicos.

Ao analisar estudos que pudessem esclarecer a dispersão do inseto no campo, Gotwalld et al. (1991) verificaram (por análise espacial de plantas com *Greening*) que a incidência da doença nas bordas da propriedade era relacionada com o influxo de insetos provenientes de áreas externas (pequenos cultivos de citros ou plantas ornamentais), o que possa indicar que haja grande influência de propriedades vizinhas em relação à incidência da doença em pomares manejados.

Boina *et. al.* (2009) quantificaram a dispersão de *D. citri* usando o método de marcação por proteínas de alimentos brutos. Nesse estudo os autores quantificaram o movimento de *D. citri* entre talhões manejados e não manejados de citros. Os resultados indicaram haver maior fluxo de movimentação de insetos dos pomares não manejados em direção aos manejados, e que havia tendência dos insetos de se acumularem nas bordas dos talhões.

2.1.5 Dispersão de insetos vetores de fitopatógenos

A dispersão de insetos vetores de fitopatógenos possui grande relevância devido à íntima relação com a epidemiologia de doenças. É um elemento chave para o progresso de surtos de doenças de plantas e no entendimento da dinâmica populacional de artrópodes vetores e pragas (JEGGER et al., 1999).

Afídeos são considerados os principais vetores de fitopatógenos, transmitindo aproximadamente 30 % de todas as viroses de plantas conhecidas (HOGENHOUT et al., 2008). Sua característica de dispersão envolve a relação direta entre os fatores ambientais e a resposta populacional, permitindo o surgimento de formas aladas e não aladas dentro de uma população (BRAENDLE et al., 2006). A característica de movimentos a longas distâncias está relacionada ao grupo, o que torna o vento como fator atuante no direcionamento e transporte dos insetos, podendo atingir distâncias de 100 a 300 km (RILEY et al., 1995) até superiores a 1000 km (Kring, 1972). Zhang et al. (2008) estudaram o desempenho em voo do pulgão-da-soja [*Aphis glycines* (Matsumura)] (Hemiptera: Aphididae) em diferentes condições ambientais usando um moinho de vento. Os autores verificaram que a idade foi um fator importante no desempenho em voo dos insetos, com distâncias de dispersão variando de 4,6 a 5,1 km.

Assim como afídeos, moscas-brancas possuem notável importância como vetoras de fitopatógenos e junto com afídeos são responsáveis pela transmissão de aproximadamente 50 % das viroses descritas em plantas (HOGENHOUT et al., 2008). Estudos de dispersão do inseto mostram um comportamento bimodal entre indivíduos, ou seja, parte destina-se a realização de voos triviais, em seu habitat e uma pequena parcela é encarregada de se dispersar por maiores distâncias (Byrne et al., 1996), principalmente por meio de voos verticais, que caracteriza um comportamento migratório do inseto (Byrne, 1999). Fatores fisiológicos também podem influenciar na dispersão do inseto. Há evidências que *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) coletadas em armadilhas localizadas a alturas de 2,1, 4,8 e 7,2 m apresentam menor carga de ovos quando comparadas com aquelas capturadas em distâncias próximas ao solo (ISAACS E BYRNE, 1998; VEENSTRA E BYRNE, 1999).

Dentre os muitos trabalhos de dispersão com cigarrinhas, há relatos que o vento tenha grande influência na dispersão desses insetos. Em estudo de marcação, liberação e recaptura com as cigarrinhas *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) e *Yamatotettix flavovittatus* Matsumura (Hemiptera: Cicadellidae) os autores relataram uma relação positiva dos ventos predominantes com recaptura de cigarrinhas (Thein et al., 2012). Resultados contrários eram observados por Blackmer et al. (2004), os quais verificaram que as cigarrinhas *Homalodisca coagulata* (Say) e *Homalodisca liturata* Ball (Hemiptera: Cicadellidae), ambas vetoras da bactéria *Xylella fastidiosa*, raramente iniciavam seus voos quando o vento apresentava uma velocidade maior que 3 m/s. Lessio e Alma (2004) verificaram os padrões de dispersão de *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae), vetor de um fitoplasma associado a plantios de videira. Nesse estudos, os autores verificaram que o padrão de dispersão do inseto era influenciado pela densidade da cultura. Não foram observadas características de voos verticais tampouco grandes distâncias de dispersão. Fato interessante foi a maior coleta de machos nas armadilhas, indicando uma diferença observada entre os sexos, o que também deve ser considerado em estudos de dispersão.

Nos estudos de dispersão de psílídeos vetores, podemos evidenciar o psílídeo-da-batata [*Bactericera cockerelli* (Sulc.)] (Hemiptera: Psyllidae), psílídeo-africano-dos-citros (*T. erytrae*) e o psílídeo-asiático-dos-citros (*D. citri*). Estudos com o psílídeo-da-batata mostram que o inseto se dispersa ativamente entre plantios de batata, independentemente do ano de plantio e da estrutura de copa (HENNE, et al., 2010). Com relação ao psílídeo-africano-dos citros, Van den Berg et al. (1991) estudaram fatores que influenciam a dispersão do inseto a partir do monitoramento populacional com armadilhas adesivas amarelas. Foi verificada correlação positiva entre a densidade populacional e a dispersão de adultos, e a situação inversa quando havia diminuição da disponibilidade de novos fluxos vegetativos (brotações).

De acordo com o estudo de Arakawa e Miyamoto (2007), *D. citri* possui baixa habilidade de deslocamento, possuindo uma capacidade de voo máxima de cerca de 1200 m. Com relação aos fatores que possam influenciar na dispersão do inseto, Kobori et al. (2011a) sugeriram que *D. citri* movimenta-se com o vento, e que pomares que se encontram no sentido de correntes de ar predominantes são mais sujeitos à infestação de psílídeos migrantes. Outros estudos ressaltam a preferência do inseto por plantas com brotações (KOBORI et al., 2011b; PATT e SÉTAMOU,

2010). Contudo, Hall e Hentz (2011) não observaram correlações desses fatores a partir do monitoramento com armadilhas adesivas amarelas de populações naturais de *D. citri*. Algumas evidências de que a umidade relativa influencia a atividade de voo do inseto foram obtidas pelos autores. Alguns trabalhos teorizam que o inseto possa apresentar um comportamento migratório intimamente relacionado com correntes de ar por possuírem músculos fracos com relação ao tamanho da asa (SAKAMAKI, 2005).

2.1.6 Métodos de marcação de insetos para estudos de dispersão

O acompanhamento do movimento de insetos em seu habitat natural é essencial para o entendimento de sua biologia básica, demografia e comportamento. Uma grande variedade de marcadores tem sido usada para avaliar a dinâmica populacional de insetos, dispersão, territorialidade, comportamento em alimentação, interações ao nível trófico e outras relações ecológicas. Devido às variações na morfologia externa dos insetos (tamanho, estruturas presentes, formato do corpo, etc) um mesmo marcador, muitas vezes não é indicado para a utilização em outras espécies de insetos. Assim, estudos preliminares devem ser conduzidos para garantir que o marcador seja retido no inseto um tempo suficiente à pesquisa e que não tenha efeito adverso na biologia e comportamento do mesmo. Um marcador ideal deve ser durável, barato, não tóxico (ao ambiente e ao inseto), facilmente aplicável e claramente identificado (HAGLER e JACKSON, 2001).

De acordo com cada finalidade de estudo são definidos 2 tipos de metodologias de marcação de insetos: em um deles os insetos são coletados do campo (ou criados em laboratório), marcados, liberados em área experimental e re-amostrados a vários períodos após a liberação (*Capture-Mark-Recapture*) e no outro se realiza a marcação dos insetos ocorrentes naturalmente no campo, por aplicação dos marcadores, sem que haja perturbação do mesmo devido à captura (*Mark without Capture*) (REYNOLDS et al., 1997). Há diversos métodos de marcação, sendo eles: etiquetagem, mutilação, pintura, corantes, marcação de grão de pólen, marcação genética, elementos radioativos, transgenia, proteínas marcadoras e pós. (HAGLER e JACKSON, 2001; REYNOLDS et al., 1997).

Pós marcadores tem sido usados para marcar insetos por mais de 85 anos e é o método mais comumente utilizado para tal finalidade (SERVICE, 1993). A

marcação consiste no contato inseto-pó e geralmente pode ser visualizada a olho nu ou melhorada pela utilização de luz Ultra Violeta (na utilização de pó fluorescente).

Geralmente é feita pela liberação de insetos em recipientes específicos, que possuem uma determinada quantidade do produto, e assim tais recipientes são agitados para promover o contato inseto-pó. Tal marcação é indicada para estudos de *Capture-Mark-Recapture*, e são excelentes para a maioria dos insetos devido ao seu baixo custo, serem prontamente disponíveis, ambientalmente seguros e de fácil aplicação e detecção. Há poucas desvantagens do método como a possibilidade de morte ou alteração do comportamento do inseto (pelo contato com grandes quantidades do produto) e por não ser persistente o suficiente para estudos em longo prazo (HAGLER e JACKSON, 2001).

A marcação de *D. citri* com pó fluorescente foi relatada por Nakata (2008). Nesse estudo, o autor verificou a influência da marcação no comportamento do inseto em condições de laboratório e de campo, mostrando que o marcador pode ser uma ferramenta efetiva para estudos de dispersão envolvendo o inseto em questão. Assim, comprovada a efetividade de marcação com a utilização de pó fluorescente, estudos de dispersão envolvendo a técnica *Mark-Release-Recapture* podem ser facilitados com o uso dessa técnica, auxiliando na tentativa de compreensão do comportamento de voo de *D. citri* no campo.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Sobrevivência de psilídeos marcados com pó fluorescente

Para os estudos de dispersão de *D. citri* foi adotada a técnica de marcação com pó fluorescente descrita por Nakata (2008). Considerando a demanda de marcação com mais de uma cor, de modo a diferenciar os grupos de insetos liberados, foi necessário um estudo inicial para avaliar o efeito das diferentes cores na sobrevivência de *D. citri*.

Os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ-USP. Grupos de 30 adultos de *D. citri* com, aproximadamente, 7 dias de idade e provenientes da colônia do Laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos, foram transferidos para tubos plásticos de 50 ml (12x 3 cm) contendo cerca de 10 mg de pó fluorescente (DAY GLO, Cleveland, OH, USA). Após a introdução dos insetos, os tubos foram agitados por 5 s para o processo de marcação. Em seguida, estes foram transferidos para *seedlings* de laranja doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] em grupos de 15 indivíduos/*seedling* e confinados em gaiolas feitas de copo plástico transparente de 500 ml, com altura de 13 cm e diâmetro de boca de 9 cm, sendo a boca coberta com tecido vaporoso do tipo 'voil', para fins de ventilação e a base com uma abertura circular de 3 cm, para encaixe de um tubete com a planta cítrica (Figura 1). Cada tratamento consistiu de quatro repetições (gaiola com 15 insetos), totalizando 60 insetos avaliados por cor testada.

Avaliaram-se insetos marcados com quatro cores distintas de pós fluorescentes (amarelo, azul, rosa e verde), mais um tratamento controle com insetos não marcados. Consideraram-se como insetos mortos aqueles que estivessem caídos, com asas abertas ou que não apresentassem reação após serem tocados com um pincel.

As avaliações consistiram da contagem do número de insetos vivos a cada dois dias, até completar 48 dias após a marcação. Analisou-se percentual de sobrevivência dos insetos em cada tratamento, e observou-se a persistência da marcação durante todo o período do experimento.

Figura 1 - Seedlings de laranja doce (*C. sinensis*) em gaiolas feitas de copos plásticos para confinamento de psílídeos (*D. citri*) marcados com pós fluorescentes

2.2.2 Área experimental

Os experimentos de campo foram realizados em área experimental, com aproximadamente 1,3 ha, localizada na Fazenda Areão (22°41'27,74"S, 47°38'19,06"O) no campus de Piracicaba da ESALQ – USP.

Foram plantadas cerca de 600 mudas de laranja 'Hamlin' (*C. sinensis*), distribuídas em quatro áreas experimentais circulares e adjacentes (Figura 2). Cada área foi formada por círculos concêntricos localizados a 18, 24 e 30 m de cada centro de liberação, considerando um espaçamento de 3 m entre plantas.

A área é considerada relativamente plana com suas menores altitudes direcionada para sua face leste. As vegetações no entorno envolvem plantações de milho nas direções norte e oeste e árvores adultas de eucalipto mescladas com mata nas direções leste e sul.

Figura 2 - Imagem aérea das quatro áreas experimentais circulares e adjacentes (I, II, III e IV) instaladas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, obtida com o auxílio do software GPS Trackmaker

2.2.3 Marcação e liberação de *D. citri*

Os insetos utilizados nos experimentos foram oriundos de coletas de campo (1ª Liberação), da colônia do Laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos (1ª, 2ª, 3ª e 4ª Liberações) e da criação massal do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ – USP (3ª e 4ª Liberações). Todos os insetos utilizados eram mantidos em plantas de murta (*M. paniculata*) e somente após a marcação eram transferidos para *seedlings* de citros. Estabeleceu-se a utilização de adultos com idade superior a 7 dias de idade, independentemente do sexo. Amostras das populações liberadas foram coletadas para que houvesse a determinação da razão sexual. Os valores indicaram razões sexuais de 48,1%, 48%, 62% e 55% para a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª Liberações, respectivamente.

Os insetos foram marcados, seguindo a metodologia descrita no item 2.2.1 e imediatamente transferidos para *seedlings* de citros alocados em gaiolas (40x40x40 cm) para aclimação. Após 24-48 h da marcação, estes foram levados ao campo e então liberados em cada centro de liberação (Figura 3) por volta das 11h da manhã. Sétamou et al. (2012) verificou que o período de maior atividade de voo de *D. citri*

ocorria no início da tarde, o que justifica o horário de liberação utilizado. Em cada área experimental utilizou-se uma cor distinta de pó-fluorescente.

A liberação constou da abertura das gaiolas em cada centro de liberação e posterior poda dos *seedlings* de citros contendo insetos marcados. Os *seedlings* podados eram então fixados no centro de liberação em placas de isopor. A partir do momento que começavam a perder água serviam de estímulo à dispersão dos insetos.

Figura 3 - Etapas no processo de marcação e liberação de *D. citri* para estudo de dispersão: A. Marcação de insetos em tubos de 50 ml; B. Gaiolas com plantas cítricas para aclimação dos insetos marcados. C. Poda das mudas para liberação; D. Centro de liberação

2.2.4 Efeito de coberturas vegetais na dispersão de *D. citri*

As liberações artificiais para verificação do efeito de coberturas vegetais na dispersão de *D. citri* ocorreram nos dias 08/03/12 (1ª Liberação) e 31/03/12 (2ª Liberação).

Foi monitorado o número de insetos recapturados, em cada distância, por avaliações visuais e por armadilhas amarelas adesivas. As avaliações visuais foram realizadas em cerca de 200 plantas (50 por área experimental) selecionadas em cada face dos pontos cardeais. A contagem do número de adultos de *D. citri* em cada planta ocorreu após 2 e 11 dias (1ª Liberação) e 6 h, 1 e 3 dias (2ª Liberação). A cor de cada inseto era distinguida visualmente. Alocaram-se cerca de 200 armadilhas amarelas adesivas, amarradas em ramos das mudas cítricas, na densidade de uma unidade a cada 9 m, sendo retiradas após 1 dia (1ª Liberação) e 2 dias (2ª Liberação) do início do experimento. Cada psíldeo encontrado era submetido à luz Ultra Violeta, tornando possível a definição de sua coloração.

Na 1ª Liberação, utilizaram-se 4800 insetos, sendo 1200 em cada área experimental. Cerca de 70% dos psíldeos eram oriundos de campo (coletados em Fernandópolis-SP) e os 30% restante da criação do Laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos. Já na 2ª Liberação utilizaram-se 3200 insetos, sendo 800 em cada área experimental. Desta vez, todos eram oriundos da criação do Laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos.

As plantas cítricas apresentavam brotações abundantes no estágio fenológico vegetativo V3/V4 (1ª Liberação) e brotações relativamente desenvolvidas, no estágio V5/V6 (2ª Liberação).

Foi verificada a influência de 3 fatores na dispersão do inseto: coberturas vegetais não hospedeiras [milho (*Zea mays* L.) e capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.)], pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste) e distância de dispersão (18, 24 e 30 m). Os níveis do fator cobertura vegetal foram intercalados em cada setor do círculo, totalizando dois setores com milho e dois setores com capim-braquiária. Nas outras repetições o posicionamento era mudado para gerar casualização (Figura 4). A hipótese gerada foi que o milho pudesse servir como uma barreira física à dispersão do inseto, contrastando com o capim-braquiária. Os setores de cada círculo foram posicionados de tal modo que a face de cada um

estivesse voltada para seu respectivo ponto cardinal, tornando possível o isolamento dos níveis desse fator. Direção e intensidade de ventos, temperatura do ar, umidade relativa e pluviosidade foram considerados com a instalação de uma estação meteorológica no local.

As máximas temperaturas no campo foram 33° C e 32,3° C, as mínimas 16,7° C e 15,2° C e médias 23,9° C e 23,4° C, com umidade relativa média 76 % e 73%, para as 1ª e 2ª Liberações, respectivamente. O capim-braquiária apresentava altura média de 45 e 65 cm nas 1ª e 2ª Liberações, respectivamente. Já o milho media 2,00 m independentemente da liberação, pois se encontrava na fase final de desenvolvimento.

Figura 4 - Croqui de 2 áreas experimentais (constituindo 1 bloco na análise estatística) e distribuição dos tratamentos para o teste de fatores que influenciam a dispersão de *D. citri* entre pomares cítricos. Plantas cítricas circuladas por uma linha vermelha foram selecionadas para avaliação visual

2.2.5 Influência de brotações na dispersão de *D. citri*

As liberações artificiais para estudo da influência de brotações na dispersão de *D. citri* ocorreram nos dias 12/09/12 (3ª Liberação) e 19/10/12 (4ª Liberação) com a utilização de quatro cores distintas de pós-fluorescentes em cada área experimental, semelhantemente às 1ª e 2ª Liberações.

Foi monitorado o número de insetos recapturados, em cada distância, também por avaliações visuais e por armadilhas amarelas adesivas. As avaliações visuais foram realizadas plantas selecionadas em cada face dos pontos cardeais a partir da contagem do número de insetos após 1 e 3 dias da liberação. As armadilhas amarelas adesivas foram amarradas em ramos das mudas cítricas (na densidade de uma unidade a cada 9 m) e trocadas após 6 h, 1 e 3 dias, sendo retiradas no dia 5 depois da liberação. O número de plantas avaliadas e de armadilhas alocadas era idêntico às liberações anteriores.

Utilizaram-se 4000 insetos em cada liberação, sendo 1000 por área experimental. Cerca de 60% desses eram oriundos da criação massal do Laboratório de Biologia de Insetos e os 40% restante da criação do Laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos.

Com o intuito de se verificar a influência das brotações no comportamento de dispersão do inseto, cada liberação foi caracterizada por situações distintas com relação ao desenvolvimento vegetativo das plantas cítricas. Na 3ª Liberação, todas as mudas foram podadas com o objetivo de criar uma condição de ausência do fator. Já na 4ª Liberação, esperou-se que houvesse o desenvolvimento dos brotos até atingirem um tamanho de 15-30 cm (estádio fenológico vegetativo V5).

Deste modo, foram estudados 2 fatores: pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste) e distância de dispersão (18, 24 e 30 m), nas condições de ausência e presença de brotações. Assim como para as liberações anteriores, foi instalada uma estação meteorológica no local para verificar outros fatores atuantes.

De acordo com os dados da estação meteorológica, as máximas temperaturas no campo foram 39,3° C e 34,9° C, as mínimas 15,8° C e 18,4° C e médias 25,7° C e 25° C, com umidade relativa média 61,3% e 70,3%, para as 3ª e 4ª Liberações, respectivamente.

2.2.6 Distâncias máximas de dispersão

Considerando que em cada área experimental havia uma coloração diferente dos insetos, foi possível definir distâncias de dispersão a partir do monitoramento de psilídeos encontrados em círculos distintos dos da liberação. Entretanto, encontrou-se grande dificuldade na definição exata da distância percorrida pelo desconhecimento dessa medida. Para isso foi realizado um levantamento topográfico em toda área experimental com orientação do professor Dr. Peterson Ricardo Fiorio e executada pelo Grupo de Extensão em Topografia e Geoprocessamento (TOPOGEO), do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ – USP. Com o auxílio de uma Estação Total (LEICA, modelo TS06) foi medido o posicionamento de cada planta cítrica e estes transformados em coordenadas geográficas a partir do georreferenciamento com auxílio de um GPS submétrico (Tec Geo, modelo GTR). A partir dessas coordenadas geográficas e com o uso do software *Auto CAD 2010* (Autodesk), tornou-se possível medir as distâncias de dispersão. A Figura 5 mostra os pontos gerados a partir do levantamento topográfico juntamente com o posicionamento das armadilhas.

Com a definição das distâncias máximas de dispersão nas quatro liberações em cada período de monitoramento, seja ele por avaliação visual ou por armadilhas, os resultados foram apresentados de acordo com a proporção de insetos (%) encontrados em cada distância em função do número total de indivíduos recapturados. Assim as curvas foram traçadas seguindo uma distribuição em duas dimensões a partir do centro de liberação, considerando proporção de insetos e distância percorrida como variáveis dependente e independente, respectivamente.

Figura 5 - Mapa das quatro áreas experimentais (I, II, III e IV) obtido a partir do levantamento topográfico e com auxílio do *software* Surfer 8.0 (Golden Software). Cada ponto representa uma planta cítrica, com exceção para os pontos centrais que representam os centros de liberação de *D. citri* marcados. Pontos envolvidos por um círculo amarelo representam o posicionamento das armadilhas adesivas amarelas

2.2.7 Mapas de infestação

Além das distâncias de dispersão, o levantamento topográfico tornou possível a confecção de mapas de infestação dos psíldeos recapturados em cada ponto de monitoramento. Para isso utilizou-se o *software* *Surfer* (Golden Software). A distribuição espacial foi gerada utilizando-se o método de interpolação do inverso do quadrado da distância.

Para confecção dos mapas foram consideradas apenas as coletas em armadilhas devido a melhor distribuição destas na área quando comparadas com as avaliações visuais, que se concentravam somente em plantas centrais de cada ponto cardeal.

2.2.8 Proporção de psílídeos recapturados em cada distância

Nesse estudo foi calculado o número de indivíduos recapturados em cada distância de monitoramento (18, 24 e 30 m) juntamente com a soma daqueles encontrados em distâncias além de 30 m. Para verificar o efeito das brotações, somente foram utilizados os valores de recaptura por armadilhas das 3ª e 4ª Liberações.

Esse cálculo tornou possível a definição do número de insetos recapturados nas distâncias de monitoramento e a comparação com aqueles que se dispersavam mais ativamente (acima de 30 m). O objetivo dessa avaliação foi definir se as brotações alteram o comportamento do inseto em busca de sítios de alimentação e/ou oviposição.

2.2.9 Índices de dispersão

Para o cálculo dos parâmetros relacionados ao deslocamento do inseto de caráter geral, foram definidos os índices de distância média de dispersão e a área abrangida a partir do número de psílídeos recapturados em cada período de monitoramento por armadilhas das terceira e quarta liberações, seguindo a metodologia de Dobzhansky e Wright (1943) citados por Silveira Neto, Nakano e Villa Nova (1976). As equações utilizadas foram:

$$Dm = \frac{(\sum r^2 \times i/a)}{(\sum r \times i/a) + C/2\pi} \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{\sum r^3 \times i/a}{(\sum r \times i/a) + C/2\pi} \quad (2)$$

De acordo com as equações (1) e (2) temos os seguintes coeficientes: Dm = distância média de dispersão (m), r = distância do ponto de monitoramento até o centro de liberação, i = número total de insetos encontrados em cada anel de monitoramento, a = número de armadilhas por anel de monitoramento, C = número de insetos remanescentes em cada centro de liberação e S^2 = área abrangida (m²).

2.2.10 Taxa de recaptura de *D. citri* para estudos de dispersão

Considerando a importância da estimativa de taxas de recaptura para futuros estudos de dispersão, calculou-se a proporção de insetos recapturados em cada distância, a partir do número total de insetos liberados na área experimental.

Somente os resultados obtidos com as avaliações por armadilhas é que foram consideradas na definição desse índice.

Além de auxiliar na determinação do número de insetos a ser liberado em outros experimentos, a taxa de recaptura pode ser uma ferramenta essencial para o entendimento do comportamento dos insetos no campo, justamente por fornecer a informação do percentual de indivíduos encontrados em cada distância de monitoramento, indicando se estes acumulam-se nas primeiras linhas da planta hospedeira ou não. Além dos insetos recapturados em cada distância (18, 24 e 30 m) também foi considerada a taxa de captura daqueles que se dispersaram em distâncias superiores a 30 m.

2.2.11 Análises estatísticas

Os dados de sobrevivência foram analisados com o auxílio do *software* estatístico R 2.15.0 (R Foundation for Statistical Computing), aplicando-se o teste não paramétrico *Log-Rank* de comparação de curvas de sobrevivência por meio de valores de qui-quadrado.

Nos testes de influência de coberturas vegetais na dispersão de *D. citri*, o delineamento experimental foi blocos casualizados no esquema fatorial (2x3x4), considerando duas coberturas vegetais, três distâncias, quatro pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste) e dois blocos. Para atender as pressuposições do modelo da Análise da Variância (ANOVA), os dados foram transformados de acordo com a família Boxcox e o teste de Hartley foi aplicado para verificar a homogeneidade de variâncias. Atendidos esses pressupostos, aplicou-se o teste F ($p < 0,05$) com o objetivo de verificar diferenças entre cada fator testado. Se detectadas diferenças, foi aplicado o teste Tukey ($p < 0,05$) de comparação de médias. O esquema de um bloco está descrito na (Figura 4). Cada liberação foi considerada um experimento distinto devido a diferenças nos períodos de avaliação.

Nas 3ª e 4ª Liberações, o delineamento experimental foi blocos casualizados no esquema fatorial (3x4), com três distâncias (18, 24 e 30 m), quatro pontos cardeais e quatro blocos. Os dados também foram transformados e submetidos à ANOVA com posterior teste de Tukey ($p < 0,05$) para as variáveis que apresentaram significância para o teste F.

Na proporção de insetos em cada distância de monitoramento e nas taxas de recaptura, os dados foram analisados por teste qui-quadrado com nível de 5 % de significância a partir de uma avaliação por proporções.

Os índices de dispersão foram ajustados seguindo um modelo exponencial negativo, também chamado de modelo monomolecular (Campbell e Madden, 1990) com auxílio do *software* Statistica 10 (STATSOFT). A equação base do modelo é descrita a seguir:

$$y = 1 - (1 - b_0) * \exp(-b_1 * x) \quad (1)$$

Os coeficientes b_0 e b_1 , mostrados na equação (1), foram estimados pelo modelo, representando os valores mínimo e máximo, respectivamente, de cada variável estudada. O ajuste dos dados foi feito pelo método do Quadrado Mínimo através do *software* Statistica. Para adequação ao modelo, foi necessário transformar os dados para um escala com amplitude de 0 a 1.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Sobrevivência de psílídeos marcados com pó fluorescente

De característica preliminar, o teste de sobrevivência de adultos de *D. citri* marcados com pó fluorescente auxiliou na familiarização com o método de marcação e na adequação dos experimentos de campo.

A comparação de cada curva de sobrevivência pelo teste *Log-Rank* indicou não haver diferença estatística ($X^2 = 4,90$; g.l. = 4; $P = 0,295$) entre os tratamentos e o controle (Figuras 7 e 8), ou seja, uma vez marcado em condições de laboratório, o inseto possui a mesma probabilidade de sobrevivência que um inseto não marcado, independentemente da cor utilizada. Tais resultados concordam com aqueles observados por Nakata (2008), o qual mostrou não haver efeitos significativos da marcação com pó fluorescente rosa na sobrevivência de *D. citri*.

Apesar de aparentarem estar excessivamente marcados acredita-se que o pó fluorescente não tenha influência na capacidade de voo do inseto, pois de acordo com Nakata (2008), insetos marcados na proporção acima mencionada, diferenciam-se do controle, ao movimentarem-se em direção à luz, apenas nas 5 horas iniciais após a marcação. Assim, estudos de campo que considerem esse tempo mínimo após a marcação não terão insetos com dificuldade de locomoção devido ao pó fluorescente. Esses resultados diferem daqueles relatados por Messing et al. (1993), os quais observaram efeitos negativos da marcação com pó fluorescente nos parasitoides *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) e *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), observando diferenças na mortalidade e na capacidade de voo quando comparados com insetos não marcados.

Além da sobrevivência, também foi observada a persistência da marcação no corpo dos insetos por avaliação visual. Os resultados indicaram que após 48 dias de avaliação, o pó fluorescente ainda era visível no corpo dos insetos. Esses dados são semelhantes com aqueles observados por Nakata (2008). O autor observou que as marcas persistiam no corpo dos insetos por mais de 40 dias em estudos de laboratório e campo.

Figura 7 - Porcentagem média de adultos de *D. citri* vivos a cada 2 dias e por até 48 dias de avaliação após a marcação com pós fluorescentes de cores distintas. As barras em cada ponto das curvas representam o erro padrão das médias (EPM)

Figura 8 - Teste não paramétrico *Log-rank* de comparação de curvas de sobrevivência de *D. citri* marcados com pó fluorescente. "prob" significa a probabilidade de indivíduos vivos em cada dia avaliado. O resultado indicou não haver diferença estatística entre as curvas ($X^2 = 4,90$; g.l. = 4; $P = 0,295$) durante o período de avaliação

2.3.2 Efeito de coberturas vegetais na dispersão de *D. citri*

1ª. Liberação

Em virtude do comportamento semelhante dos dados nos períodos a partir de 2 dias (avaliação visual) e 1 dia (avaliação por armadilhas) após a liberação, as contagens e recapturas de psíldeos marcados posteriores a esses períodos não foram consideradas na análise estatística.

Os resultados da 1ª Liberação mostraram significância para o fator distância de dispersão tanto para a avaliação visual ($F = 9,41$; g.l. = 2; $P = 0,001$) quanto para armadilhas ($F = 8,11$; g.l. = 2; $P = 0,002$). Foi observado efeito significativo ($F = 3,11$; g.l. = 3; $P = 0,046$) para o fator ponto cardeal na avaliação por armadilhas. Contudo, ao se aplicar o teste Tukey, este não detectou diferenças entre os níveis desse fator, pois o valor de probabilidade do teste F foi próximo de 5%. O fator coberturas vegetais não foi significativo para o modelo independentemente do tipo de avaliação. Nenhuma interação mostrou-se significativa tanto para avaliação visual quanto para recapturas por armadilhas, indicando independência dos fatores estudados.

Assim, verificou-se que os insetos marcados tendiam a se acumular nas primeiras linhas de plantas a partir do ponto de liberação em relação às outras distâncias de monitoramento, tanto para observações visuais (após 1 dia) como para recapturas com armadilhas adesivas amarelas (após 2 dias) (Tabela 1). Entende-se que esse comportamento tenha ocorrido devido à maior disponibilidade de ramos novos nas plantas cítricas para alimentação ou oviposição do inseto, o que tenha diminuído a busca por hospedeiros e conseqüentemente sua dispersão entre as plantas cítricas. Esse fato pode estar relacionado com a dependência de fluxos vegetativos novos na biologia reprodutiva do inseto (WENNINGER e HALL, 2007), ou seja, a oviposição e desenvolvimento de imaturos de *D. citri* estão intimamente relacionados à presença de ramos e folhas jovens (YASUDA et al., 2005).

Não foi observado efeito das coberturas vegetais tanto para as visualizações de insetos marcados ($F = 0,01$; g.l. = 1; $P = 0,913$) quanto para as recapturas por armadilhas ($F = 0,01$; g.l. = 1; $P = 0,928$) nas plantas cítricas, o que é corroborado pelo mapa de infestação de *D. citri* nas quatro áreas de liberação (Figura 9). Aparentemente, a utilização de uma cultura não hospedeira para o inseto, com uma

altura média de 2 m, não interferiu na dispersão em direção a plantas cítricas. Tal resultado pode ser explicado pelo inseto possuir habilidade de realizar voos com altitude superior a do milho, como é observado por Hall e Hentz (2011), ao capturar insetos em armadilhas localizadas a 3 m (apesar de serem em baixas proporções) e por Aubert e Xia (1990), ao relatar uma atividade de voo de 7 m de altura em copas de *M. paniculata* ou por realizar repetidos voos a curtas distâncias (ARAKAWA e MIYAMOTO, 2007) de uma maneira muito rápida (o que pode ser reforçado pelos resultados obtidos no presente trabalho), tornando possível contornar a barreira física. Foi relatado um efeito de barreira física do milho na chegada de adultos de *B. tabaci* Biótipo B em plantios de feijão (SMITH e MCSORLEY, 2000). Os autores verificaram que o efeito da cultura como barreira só acontecia quando o plantio era feito numa conformação perpendicular ao vento predominante. A altura do milho nesse caso era de 2,45 m, ligeiramente superior àquela observada nas liberações de *D. citri* realizadas no presente trabalho.

Conforme descrito anteriormente, o fator ponto cardinal apresentou significância marginal na avaliação por armadilhas (após 1 dia da liberação) e não foram encontradas diferenças quando os valores foram comparados dois a dois pelo teste Tukey. Uma questão a ser ressaltada é o fato de os dados não terem atendido, na avaliação por armadilhas (após 1 dia da liberação) as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variâncias, portanto, a interpretação desses dados deve ser realizada com cautela. Com relação à avaliação visual, o mesmo fator não foi significativo para a análise estatística. Assim, pode-se considerar que não houve uma tendência geral de acúmulo de insetos em determinada posição geográfica. Porém, o mapa de infestação indica que nas áreas experimentais (I e II) houve uma tendência de posicionamento dos insetos na direção contrária aos ventos predominantes. Por exemplo, os ventos predominantes registrados pela estação meteorológica nas primeiras 6 h após a liberação foram oriundos de Norte e Norte-Noroeste (Tabela 2), sendo que o maior número de insetos marcados foi visualizado ou recapturado por armadilhas nas zonas Norte e Leste das referidas áreas (Figuras 9 e 10). Estes dados sugerem que os psíldeos tenham respondido a voláteis, possivelmente de brotações cítricas, que foram trazidos pelo vento, e que a curtas distâncias esses insetos podem se locomover sob influência de pistas olfatórias.

A orientação de *D. citri* por voláteis de ramos cítricos novos são relatados por Patt e Sétamou (2010) e por Wenninger et al. (2009). Porém, o encontro do hospedeiro torna-se facilitado quando os insetos possuem pistas olfatórias combinadas com visuais (Wenninger et al. 2009), ou seja, a cor das brotações também pode facilitar a localização da fonte de alimento ou local de oviposição. Assim, os resultados do presente trabalho representam mais uma evidência que *D. citri* pode ter sua dispersão influenciada pela presença de ramos novos. Considerando-se a rápida capacidade de encontro do hospedeiro por *D. citri* (muitos psilídeos foram observados nas plantas cítricas com poucas horas da liberação), supõe-se que os ventos predominantes das primeiras 6 h após a liberação tenham tido maior influência na dispersão de *D. citri*. Ademais foi verificado, em todas as liberações, que o período de 6 h após a liberação já foi suficiente para que fossem encontrados números baixíssimos de insetos remanescentes no centro de liberação. As primeiras 6 h representaram o período de maior luminosidade (11:00 – 17:00 h) nas primeiras 24 h após liberação, o que também pode ter acelerado o deslocamento dos insetos nesse período, em resposta a estímulos visuais.

Tabela 1 - Número médio ($\pm$ EPM) de adultos de *D. citri* marcados com pó fluorescente por planta (avaliação visual) e por armadilha em relação às distâncias do ponto de liberação nas quatro áreas circulares. 1ª Liberação realizada na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, em 08/03/2012

Método de avaliação (tempo após liberação)	Distância do centro de liberação		
	18 m¹	24 m	30 m
Visual (2 dias)	1,79 $\pm$ 0,058 a	0,50 $\pm$ 0,012 b	0,35 $\pm$ 0,008 b
Armadilhas (1 dia)	2,27 $\pm$ 0,047 a	0,68 $\pm$ 0,014 b	0,52 $\pm$ 0,013 b

¹ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 9 - Mapa de infestação de *D. citri* nos círculos experimentais, gerado pelo *software* Surfer com dados de recapturas de armadilhas adesivas amarelas após 1 dia da liberação e interpolados pelo método do Inverso do Quadrado da Distância. As letras M e B significam as coberturas vegetais de milho e capim-braquiária, respectivamente. A seta em preto significa a direção do vento predominante (NNO: Norte-Noroeste) nas primeiras 6 h após a liberação. 1ª Liberação realizada na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, em 08/03/2012

Figura 10 - Influência, após 2 dias da liberação, de coberturas vegetais (milho e capim-braquiária) e pontos cardeais na dispersão de adultos de *D. citri* em direção a plantas cítricas localizadas a 18 m, 24 m e 30 m do centro de liberação. Colunas indicam o número médio de insetos marcados que foram observados sobre plantas cítricas das quatro áreas experimentais, na avaliação visual da 1ª Liberação, realizada na Fazenda Areão, Piracicaba, SP, em 08/03/2012. Barras sobre as colunas representam os erros padrões da média (EPM)

Tabela 2 – Velocidade do vento (km/h) e direção predominante (média e máxima) registradas nas primeiras 6 h após a liberação de adultos de *D. citri*. 1ª e 2ª liberações realizadas em 08/03/2012 e 31/03/2012, respectivamente, na Fazenda Areão, Piracicaba, SP

Condição	Média		Máxima	
	Vento $\pm$ EPM ¹	Direção ²	Vento $\pm$ EPM ¹	Direção ²
1ª Liberação	3,84 $\pm$ 0,38	NNO e N	14,93 $\pm$ 1,03	NNO
2ª Liberação	2,13 $\pm$ 0,43	SE e SSO	11,27 $\pm$ 1,00	S e SSE

¹ Erro Padrão da Média.

² N: Norte; S: Sul; SE: Sudeste; SSE: Sul-Sudeste; NNO: Norte-Noroeste; SSO: Sul-Sudoeste

2ª. Liberação

Os resultados da 2ª Liberação indicaram haver uma colonização igual em todas as distâncias das áreas experimentais, sendo confirmada pelos resultados da análise estatística. Não houve efeito significativo dos fatores distância do ponto de liberação ($F = 1,30$; g.l. = 2; $P = 0,292$), cobertura vegetal ($F = 0,89$; g.l. = 1; $P = 0,354$) e pontos cardeais ($F = 2,03$; g.l. = 3; $P = 0,137$), sobre o número de psíldeos marcados que foram observados sobre as plantas cítricas nas quatro áreas de liberação. O mesmo foi observado para o fator distância do ponto de liberação ($F = 0,74$; g.l. = 2; $P = 0,485$), cobertura vegetal ($F = 0,26$; g.l. = 1; $P = 0,613$) e pontos cardeais ($F = 1,48$; g.l. = 3; $P = 0,247$) na avaliação de recaptura por armadilhas. As possíveis interações entre os fatores também não apresentaram significância ao modelo. Assim, independentemente da distância de dispersão, das coberturas vegetais e dos pontos cardeais, as visualizações e as recapturas foram semelhantes em todos os períodos de avaliação.

Diferentemente da 1ª Liberação, os insetos não mostraram uma tendência de acúmulo na primeira linha de plantas cítricas, apresentando médias de 0,42, 0,55 e 0,23 insetos visualizados/planta (após 6 horas) e 0,82, 0,50 e 0,54 insetos/armadilha (após dois dias) nas distâncias de 18, 24 e 30 m, respectivamente. Essa questão é reforçada após analisarem-se o mapa de infestação (Figura 11), o qual mostra focos de insetos recapturados por armadilhas em todas as distâncias de monitoramento após dois dias da liberação. Ainda no mapa, se observa que focos de coletas de insetos aparecem em posições independentes das coberturas vegetais, reafirmando que esse fator não influenciou na dispersão do inseto em direção a plantas hospedeiras. Ao relacionar a situação observada com os ventos predominantes das

primeiras 6 h após a liberação (Tabela 2), verifica-se que aparentemente os insetos tendiam a se posicionar em plantas no sentido contrário ao vento, mas de uma maneira menos evidente que nas recapturas da 1ª Liberação. Isso pode ser explicado pela grande variação da direção dos ventos nos dois dias após a liberação, pelo menor número de insetos liberados e pela condição de menor disponibilidade de brotações, diminuindo as pistas olfativas para o encontro do hospedeiro. Contudo ao observar os valores absolutos das avaliações visuais da 2ª Liberação (mais precisamente após 6 h) foi encontrado um maior número de insetos na posição sul (Figura 12). Considerando que nas primeiras 6 h o vento registrado apresentou um padrão constante com tendência para os sentidos Sul (Tabela 2), isso poderia reforçar a hipótese de que os insetos movimentaram-se no sentido contrário para onde o vento soprou, orientando-se a partir de voláteis carregados pelo vento. O movimento de gafanhotos orientado a partir de voláteis carregados pelo vento foi observado por Moorhouse (1970). Estudando o comportamento de *Schistocerca gregária* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae) e utilizando-se um túnel de vento, foi relatado que o inseto se orienta por pistas químicas carregadas pelo vento.

Os resultados do presente trabalho diferenciam-se daqueles apresentados por Kobori et al. (2011a), os quais sugerem que *D. citri* adultos movem-se com o vento. De acordo com os autores, todos os insetos visualizados em distância superior a 7,5 m eram encontrados a sotavento do centro de liberação, a partir de ventos predominantes com valores variando de 7,2-14,4 km/h e 7,2 a 18,0 km/h em experimentos distintos. Ao comparar com os registros de vento encontrados no presente trabalho (Tabela 2), pode-se afirmar que no estudo de Kobori et al. (2011a), os ventos apresentavam maior intensidade, o que provavelmente tenha influenciado a dispersão de *D. citri* de maneira mais evidente.

Figura 11 - Mapa de infestação de *D. citri* nos círculos experimentais (I, II, III e IV), gerado pelo software Surfer com dados de recapturas de armadilhas adesivas amarelas após 2 dias da liberação e interpolados pelo método do Inverso do Quadrado da Distância. As letras M e B significam as coberturas vegetais de milho e capim-braquiária, respectivamente. A seta em preto significa a direção do vento predominante (S: Sul) nas primeiras 6 h após a liberação. 2ª Liberação realizada na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, em 31/03/2012

Figura 12 - Influência, após 6 h da liberação, de coberturas vegetais (milho e capim-braquiária) e pontos cardeais na dispersão de adultos de *D. citri* em direção a plantas cítricas localizadas a 18 m, 24 m e 30 m do centro de liberação. Colunas indicam o número médio de insetos marcados que foram observados sobre plantas cítricas das quatro áreas experimentais, na avaliação visual da 2ª Liberação, realizada na Fazenda Areão, Piracicaba, SP, em 31/03/2012. Barras sobre as colunas representam os erros padrões da média (EPM)

2.3.3 Influência de brotações na dispersão de *D. citri*

2.3.3.1 Pontos cardeais, distâncias e ventos predominantes

Nos ensaios relacionados à influência das brotações na dispersão de *D. citri* foi observado um comportamento semelhante àquele descrito nas 1ª e 2ª Liberações, porém o principal foco desses experimentos foi testar o papel do fator brotação observando o efeito de sua completa ausência e presença.

Na 3ª Liberação (condição de ausência de brotações) foi observada diferença significativa para o fator distância do ponto de liberação ($F = 5,75$; g.l. = 2; $P = 0,007$) para os insetos observados sobre as plantas cítricas. Contudo, o mesmo fator não foi significativo para as avaliações de recaptura por armadilhas adesivas amarelas após 6 h ($F = 1,37$; g.l. = 2; $P = 0,268$) e 1 dia ($F = 0,37$; g.l. = 2; $P = 0,694$) (Tabela 3).

Na condição de presença de brotações (4ª Liberação), o fator distância de dispersão do ponto de liberação foi significativo ($F = 4,63$; g.l. = 2; $P = 0,017$) para os insetos visualizados nas plantas cítricas após 1 dia e para aqueles recapturados em armadilhas após 6 h ($F = 3,44$; g.l. = 2; $P = 0,044$) (Tabela 3).

Assim foi verificada tendência de acúmulo de insetos na primeira linha de plantas, localizadas a 18 m do centro de liberação, nos dois níveis do fator brotação para as avaliações visuais. Porém essa significância não foi observada para as avaliações para os insetos recapturados por armadilhas após 6 h da liberação na 3ª liberação ($F = 1,37$; g.l. = 2; $P = 0,268$). Apesar de o fator distância ter mostrado diferença entre seus níveis na ausência de brotos, a proporção de insetos recapturados e a taxa de recaptura nessa avaliação foi estatisticamente diferente quando comparado com a presença de brotações (vide item 2.3.3.3). Ao compararem-se os mapas de infestação para as duas liberações (Figuras 13 e 14), observa-se claramente uma maior coleta de insetos na presença de brotações, (principalmente nas áreas I e IV) o que reforça a importância do fluxo vegetativo na dispersão de *D. citri*. Boina et al. (2009) constataram, a partir do monitoramento de insetos marcados com proteínas, que *D. citri* tendia a se acumular nas primeiras linhas de plantas localizadas próximas de outro pomar, ou seja, era observado um efeito de borda quando o inseto era coletado em armadilhas adesivas amarelas. Esses resultados poderiam explicar o comportamento dos insetos nas liberações

ocorridas no presente estudo, sugerindo um manejo direcionado (principalmente na época de brotações) para o controle de insetos nos talhões localizados na periferia de fazendas produtoras próximas a pomares abandonados ou mal manejados.

Com relação ao fator pontos cardeais, foi observada diferença estatística tanto na ausência ($F = 3,19$; g.l. = 3; $P = 0,036$) quanto na presença ($F = 3,56$; g.l. = 3; $P = 0,025$) de brotações sobre o número de insetos recapturados em armadilhas após 1 dia da liberação. De acordo com os resultados a menor média de insetos recapturados ocorreu na direção norte em ambas as avaliações (Tabela 4). Contudo, a relação dos ventos com o posicionamento dos insetos não foi clara porque as maiores recapturas ocorreram nas zonas Leste, Oeste e Sul independente do fator brotação, o que dificulta a definição de uma região de acúmulo. Outra questão a ser considerada é o período de monitoramento em que os pontos cardeais diferiram entre si, ou seja, após 1 dia da liberação, a qual impossibilita a comparação com os mapas de infestação (Figuras 13 e 14). Considerando que a maior influência dos ventos ocorre após as primeiras 6 h, torna difícil a comparação da predominância dos ventos com o posicionamento dos insetos (Tabela 5). Assim, a relação dos ventos com o posicionamento dos insetos não foi tão evidente quanto nas liberações anteriores.

Com relação às interações dos fatores, não foi observada nenhuma significância, o que pode sugerir que os fatores são independentes.

Tabela 3 – Número médio ($\pm$ EPM) de adultos de *D. citri* marcados com pó fluorescente por planta (avaliação visual) e por armadilhas em relação às distâncias do ponto de liberação nas quatro áreas circulares. 3ª Liberação (Ausência de brotações) e 4ª Liberação (Presença de brotações) realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

		Distância do centro de liberação		
Brotações	Método de			
	avaliação (tempo após a liberação)	18 m ¹	24 m	30 m
Ausente	Visual (1 dia)	0,71 $\pm$ 0,02 a	0,19 $\pm$ 0,01 ab	0,06 $\pm$ 0,01 b
	Armadilha (6 h)	0,52 $\pm$ 0,03 a	0,37 $\pm$ 0,01 a	0,27 $\pm$ 0,01 a
	Armadilha (1 dia)	0,29 $\pm$ 0,04 a	0,13 $\pm$ 0,01 a	0,14 $\pm$ 0,01 a
Presente	Visual (1 dia)	1,06 $\pm$ 0,04 a	0,47 $\pm$ 0,01 ab	0,29 $\pm$ 0,01 b
	Armadilha (6 h)	0,79 $\pm$ 0,02 a	0,49 $\pm$ 0,01 ab	0,17 $\pm$ 0,01 b
	Armadilha (1 dia)	0,75 $\pm$ 0,02 a	0,45 $\pm$ 0,01 a	0,29 $\pm$ 0,01 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 13 - Mapa de infestação de *D. citri* nos círculos experimentais (I, II, III e IV), gerado pelo software Surfer com dados de recapturas de armadilhas adesivas amarelas após 6 h da liberação e interpolados pelo método do Inverso do Quadrado da Distância. A seta em preto representa a direção predominante do vento nas primeiras 3 h após a liberação (NNO: Norte-Noroeste). 3ª Liberação realizada na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, em 12/09/2012

Figura 14 - Mapa de infestação de *D. citri* nos círculos experimentais (I, II, III e IV), gerado pelo software Surfer com dados de recapturas de armadilhas adesivas amarelas após 6 h da liberação e interpolados pelo método do Inverso do Quadrado da Distância. A seta em preto significa a direção do vento predominante (SE: Sudeste) nas primeiras 6 h após a liberação. 4ª Liberação realizada na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, em 19/10/2012

Tabela 4 – Número médio ($\pm$ EPM) de adultos de *D. citri* marcados com pó fluorescente por armadilha em relação aos pontos cardeais nas quatro áreas circulares após 1 dia da liberação. 3ª Liberação (Ausência de brotações) e 4ª Liberação (Presença de brotações) realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

Pontos Cardeais				
Brotações	Norte ¹	Sul	Leste	Oeste
Ausente	0,02 $\pm$ 0,01 b	0,14 $\pm$ 0,01 ab	0,28 $\pm$ 0,01 a	0,27 $\pm$ 0,01 ab
Presente	0,19 $\pm$ 0,01 b	0,75 $\pm$ 0,02 a	0,42 $\pm$ 0,02 ab	0,51 $\pm$ 0,01 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 5 – Velocidade do vento (km/h) e direção predominante (médias e máximas) registradas nas primeiras 6 h após a liberação de adultos de *D. citri*. 3ª 4ª liberações realizadas em 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente, na Fazenda Areão, Piracicaba, SP

Condição	Média		Máxima	
	Vento $\pm$ EPM ¹	Direção ^{2; 3}	Vento $\pm$ EPM ¹	Direção ^{2; 3}
3ª Liberação	1,19 $\pm$ 0,28	NNO, NO, SO e SSO	11,18 $\pm$ 0,69	NNO, NO, SO e SSO
4ª Liberação	4,28 $\pm$ 1,26	SE	15,73 $\pm$ 1,16	SE

¹ Erro Padrão da Média.

² NNO: Norte-Noroeste; NO: Noroeste; SO: Sudoeste; SSO: Sul-Sudoeste.

³ As direções predominantes foram NNO e NO das 11 até as 14 h e SO e SSO das 14 até as 17 h.

2.3.4 Distâncias máximas de dispersão

Os resultados das distâncias máximas de dispersão tornaram o papel das brotações ainda mais evidente na distribuição de *D. citri* no campo e mostraram o quão rápido a dispersão pode ocorrer, ressaltando a necessidade da utilização de táticas de manejo eficazes para a redução da disseminação dos agentes causais do *Huanglongbing*.

Observa-se claramente nas Figuras 15 e 16 que, na presença de brotações, o inseto tende a se movimentar pouco, atingindo distâncias menores quando comparado à ausência do fator. Kobori et al. (2011a), sugere que *D. citri* se movimenta pouco a partir do momento que coloniza uma planta hospedeira. O simples fato de a planta cítrica apresentar brotações pode diminuir as chances de o inseto procurar novas fontes para alimentação ou oviposição. Considerando a preferência alimentar de *D. citri* por folhas novas (BONANI, 2009) juntamente com a biologia reprodutiva associada a fluxos vegetativos recém-expandidos (WENNINGER e HALL, 2007; YASUDA et al., 2005) é de se esperar que a dispersão do inseto seja grandemente influenciada pela presença de brotos em seus hospedeiros. Dos princípios básicos da ecologia, qualquer ser vivo possui uma maneira ótima de regular seus gastos de energia de acordo com seu ciclo circadiano, isso provém do princípio do forrageamento ótimo. A teoria do forrageamento ótimo relata que o *fitness* de um animal é medido em função da eficiência do forrageamento considerando uma moeda de troca, geralmente a energia (PYKE et al., 1977). Assim, ao encontrar um hospedeiro que ofereça

condições ideais para seu desenvolvimento o inseto deslocará suas energias para outras funções desconsiderando aquelas destinadas à procura por um hospedeiro desejável. A relação taxas de dispersão e qualidade de *patches* foi estudada para a cigarrinha *Homalodisca vitripennis* (Germar) (Hemiptera: Cicadellidae) (NORTHFIELD et al., 2009). Os autores verificaram que o inseto dispersava mais longe do ponto de liberação em *patches* de baixa qualidade nutricional. Ademais, os insetos gastavam mais tempo na região com um hospedeiro ideal do que quando estava presente em local com hospedeiro de baixa qualidade.

De acordo com a Figura 15, as avaliações visuais mostraram o quão rápido a dispersão de *D. citri* procede-se no campo. Na condição de ausência de brotações, uma pequena parcela da população, aproximadamente 1% dos insetos recapturados, já havia atingido uma distância máxima de cerca de 220 m. O mesmo não foi observado na 4ª Liberação (presença de brotações), a qual mostrou uma distância máxima percorrida de 45 m, também por aproximadamente 1% dos insetos recapturados.

Dados mais alarmantes são observados quando verificamos os resultados obtidos pelas avaliações por armadilhas em que o tempo de avaliações é mais fracionado (Figura 16). Apenas 6 horas da liberação foram suficientes para cerca de 1% da população recapturada atingisse uma distância máxima de 140 m do ponto de liberação. Quando confrontado com os resultados da condição de presença de brotações, a mesma proporção de insetos foi recapturada na distância máxima de 45 m apenas. Isso significa dizer que adultos de *D. citri*, após 6 horas da liberação apresentam uma capacidade de dispersão 3 vezes maior quando se deparam com uma condição de ausência de brotações. O mesmo é observado após 1 dia da liberação, em que 1% da população chegou a atingir distâncias próximas a 200 m do centro de liberação. Há relatos de distância de dispersão de *D. citri* entre pomares devidamente manejados e não manejados. Por marcação de populações de ocorrência natural usando proteínas de alimentos, foi constatado que o inseto se dispersava ativamente entre os locais atingindo níveis superiores a 60-100 m (BOINA et al., 2009). Hall e Hentz (2011) capturaram adultos de *D. citri* em armadilhas amarelas adesivas localizadas a 150 m de um pomar de citros.

Vale ressaltar a diferença entre distância máxima e distância média percorrida. A distância média percorrida foi calculada no item 2.3.5 e representa o comportamento em dispersão da população liberada como um todo e a distância

máxima, a maior distância de recaptura de, geralmente 1 ou 2 insetos encontrados além de sua área de liberação. A maior capacidade de deslocamento por pequena parcela da população é mostrado para *B. tabaci*, a qual apresentou um comportamento bimodal com relação à sua dispersão, ou seja, parte da população realiza voos triviais e são coletadas no campo de monitoramento e parte realiza voos orientados a partir da luz do céu e não são influenciadas por pistas da vegetação, sendo capturadas em armadilhas localizadas distantes do local de origem dos insetos (BYRNE et al., 1996). Em estudo de marcação sem captura (*Mark without capture*) com armadilhas em diferentes alturas, Isaacs e Byrne (1998) verificaram que uma pequena parcela da população de *B. tabaci* (menos que 5% dos capturados) realizava voos verticais orientados pelo comprimento de onda de luz do céu e a outra parte realizava voos forrageadores. Ao estudar a relação da distância com o número de capturas, os autores relataram que grandes coletas ocorriam nos primeiros 20 m do campo de referência, apesar de não ter havido diferença estatística das coletas com o aumento da distância do monitoramento.

Após 3 dias da liberação, as distâncias máximas percorridas tornam-se próximas (Figura 16) nas duas condições testadas, o que pode sugerir que o inseto possui uma grande capacidade de explorar o habitat em que se encontra, entretanto o tempo de exploração pode ser influenciado pela condição fenológica de seu hospedeiro, no caso brotações.

Em testes de livre escolha, *D. citri* possui preferência por árvores com brotos e reconhece plantas com brotações a partir de movimentos casuais entre seus hospedeiros (KOBORI et al., 2011b). Tal fato pode explicar o comportamento dos insetos recapturados em distâncias maiores quando submetidos a uma condição de ausência de brotações.

Em virtude do tamanho limitado da área, permitindo o monitoramento até aproximadamente 220 m, sugere-se a realização de experimentos em áreas com maior extensão. Isso poderia melhorar a estimativa da distância máxima percorrida pelo inseto em determinados períodos de tempo. Há relatos que o inseto possui a capacidade de realizar voos atingindo uma distância máxima de 1241 m para machos e 978 m para fêmeas (ARAKAWA e MIYAMOTO, 2007), outros teorizam um comportamento migratório em *D. citri*, porém dependente do vento por possuírem músculos fracos em relação ao tamanho de suas asas (SAKAMAKI, 2005). Trabalhos epidemiológicos de dependência espacial de plantas com HLB sugerem

que *D. citri* realize voos a longas distâncias, atingindo em torno de 1,58 km (GOTTWALLD et al., 2010). Contudo, os dados de distância aqui apresentados não são suficientes para suportar a hipótese de que o inseto realize voos de um ponto de vista regional.

Figura 15 – Distância de dispersão, após 1 dia da liberação, de *D. citri* observados em sobre plantas cítricas em condição de ausência e presença de brotações. Valores obtidos como proporção do número total de insetos visualizados em cada período de avaliação. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

Figura 16 – Distância de dispersão, após 6 h, 1, 3 e 5 dias da liberação, de *D. citri* recapturados em armadilhas na condição de ausência e presença de brotações. Valores obtidos como proporção do número total de insetos recapturados em cada período de avaliação. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

2.3.5 Proporção de psilídeos recapturados em cada distância

Os resultados das proporções de insetos recapturados ressaltou a grande importância de brotações na distribuição espacial de *D citri* no campo. Nas duas condições estudadas, foram constatadas tendências distintas quanto ao número total de insetos recapturados em cada distância.

Ao comparamos as distâncias de dispersão dentro de cada nível do fator brotação após 6 h da liberação, podemos verificar que na condição de ausência de brotações, não houve diferença na proporção de insetos recapturados ($X^2 = 1,92$; g.l. = 3; $P = 0,589$) nas distâncias de 18 m, 24 m, 30 m e acima de 30 m (Tabela 6). Porém, na presença de brotações, as proporções diferiram ($X^2 = 60,85$; g.l. = 3; $P = 3,87 \times 10^{-13}$) (Tabela 6). Assim, na presença de brotos, adultos de *D. citri* mostraram uma tendência de pouco movimento após encontrarem plantas em condições ideais para oviposição e alimentação, o que não foi observado na condição contrária. Nota-se que apenas 1% dos insetos recapturados estava presente em distâncias superiores a 30 m, na presença de brotações. Contudo 23% já haviam se deslocado acima de 30 m na ausência de brotações (Tabela 6).

Considerando o período total do experimento, ou seja, 5 dias após a liberação, a significância entre as distâncias foi observada nas duas condições testadas, ou seja, os níveis do fator distância do centro de liberação foram significativos para a ausência ($X^2 = 35,26$; g.l. = 3; $P = 9,54 \times 10^{-8}$) e presença ($X^2 = 156,57$; g.l. = 3; $P = < 2,2 \times 10^{-16}$) de brotações. Destes, foram observadas diferenças mais claras na condição de presença de brotações, apresentando maiores proporções de insetos recapturados nas distâncias de 18 e 24 m. A menor percentual foi obtida nos insetos encontrados acima de 30 m, diferenciando-se dos demais (Tabela 7). Ao comparar com a situação observada na condição de ausência de brotações, a distinção entre as distâncias foram menos claras, deixando evidente apenas que menores proporções de insetos foram encontradas a 24 m, 30 m e acima de 30 m do centro de liberação (Tabela 7).

A partir dessa constatação, acredita-se que os insetos tenham se dispersado muito rapidamente entre as plantas na condição de ausência de brotações, devido à procura de um hospedeiro que ofereça condições

adequadas de desenvolvimento, explicado pelas maiores proporções de recaptura acima de 30 m. Na condição de presença de brotações, a agregação de insetos nas primeiras linhas de plantas continua sendo a mesma quando comparada com as primeiras horas após a liberação com percentuais baixíssimos psilídeos recapturados além de 30 m.

Nas comparações das proporções dos níveis do fator brotação (ausência e presença) dentro de cada distância de monitoramento após 6 h verifica-se que do total de insetos recapturados a 18 m nas duas liberações, mais de 60% eram oriundos da condição com brotação (Figura 17), ou seja, coletaram-se mais insetos ($X^2 = 5,85$; g.l. = 1; $P = 0,016$) nessa distância quando comparado com a condição de ausência de brotações, ressaltando o maior acúmulo de psilídeos quando as condições do hospedeiro são ideais ao desenvolvimento. Outra diferença estatística foi observada quando comparadas as proporções de insetos coletados em distância superior a 30 m (Figura 17). Nesse caso, 95% dos insetos correspondiam à condição de ausência de brotações, diferenciando-se da condição com brotações ($X^2 = 32,82$; g.l. = 1; $P = 1,012 \times 10^{-8}$). Essa questão reforça a hipótese de que sem brotações, o inseto realiza voos exploratórios em busca de um hospedeiro que possa fornecer condições melhores de desenvolvimento, consequentemente realizando voos a maiores distâncias.

A Figura 18 mostra que, após 5 dias de estudo, em todas as distâncias de dispersão houve diferença nas proporções de insetos coletados entre os níveis do fator brotação. Na presença de brotos, a proporção de insetos coletados foi maior nas distâncias de 18 m ($X^2 = 19,72$; g.l. = 1; $P = 8,95 \times 10^{-6}$), 24 m ($X^2 = 29,24$; g.l. = 1; $P = 6,39 \times 10^{-8}$) e 30 m ($X^2 = 5,25$; g.l. = 1; $P = 0,02$). Contudo a situação se inverteu ao considerar as distâncias superiores a 30 m ($X^2 = 30,04$; g.l. = 1; $P = 4,22 \times 10^{-8}$), com a condição sem brotações representando 80% dos insetos de todos recapturados além de 30 m.

Algumas evidências de que as brotações podem influenciar a dispersão de *D. citri* foram obtidas por Hall e Hentz (2011). Os autores observaram, em alguns casos, que menos adultos eram coletados em armadilhas localizadas distantes de plantios de citros quando os fluxos de brotações eram intensos, porém não detectaram correlação dos brotos com a dispersão a partir da análise de todos os levantamentos populacionais. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) tem sua dispersão influenciada pela qualidade das

inflorescências de crisântemo, mostrando maior probabilidade de dispersar em inflorescências senescentes quando comparada com inflorescências saudáveis (RHAINDS e SHIPP, 2003). Esses relatos podem suportar a hipótese de que a qualidade do hospedeiro pode influenciar diretamente o comportamento do inseto.

Portanto, esses resultados deixam claro que *D. citri* realiza movimentos dependendo das condições fenológicas de seus hospedeiros. Essa questão ressalta a grande importância de se intensificar métodos de controle regionais em épocas em que o fluxo vegetativo das plantas cítricas não é tão intenso. Acredita-se que nessa fase é que maiores distâncias de dispersão podem ser atingidas pelo inseto, o que contribuiria diretamente para a disseminação primária dos agentes causais do *HLB*.

Tabela 6 - Proporção de *D. citri* adultos (%) recapturados por armadilhas, após 6 h da liberação, em função da ausência e presença de brotações e das distâncias de dispersão. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

	Distância de dispersão			
Brotação	18 m ¹	24 m	30 m	> 30 m
Ausente	28,57 a	27,47 a	20,87 a	23,08 a
Presente	46,59 a	37,50 a	14,77 b	1,13 c

¹ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Tabela 7 – Proporção de *D. citri* adultos (%) recapturados por armadilhas, acumulado após 5 dias da liberação, em função da ausência e presença de brotações e das distâncias de dispersão. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

	Distância de dispersão			
Brotação	18 m ¹	24 m	30 m	> 30 m
Ausente	38,26 a	26,08 b	20,00 bc	15,65 c
Presente	42,50 a	34,69 a	20,00 b	2,81 c

¹ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Figura 17 - Proporção de *D. citri* adultos recapturados em armadilhas, após 6 h da liberação, em função da ausência e presença de brotações e das distâncias de dispersão. Cada nível do fator distância de dispersão foi comparado quanto à presença e ausência de brotações pelo teste qui-quadrado. Os símbolos **, * e NS representam os níveis de significância de 1%, 5% e não significativo, respectivamente. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

Figura 18 - Proporção de *D. citri* adultos recapturados em armadilhas, acumulado após 5 dias da liberação, em função da ausência e presença de brotações e das distâncias de dispersão. Cada nível do fator distância de dispersão foi comparado quanto à presença e ausência de brotações pelo teste qui-quadrado. Os símbolos **, * e NS representam os níveis de significância de 1%, 5% e não significativo, respectivamente. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

2.3.6 Taxa de recaptura

As taxas de recaptura totais foram 5,93%, 4,20%, 6,25% e 8,00% para as 1ª, 2ª, 3ª e 4ª Liberações, respectivamente. Vale ressaltar que o período de monitoramento nas duas primeiras liberações foi diferente das demais, o que pode explicar as diferenças observadas. Na 1ª liberação, o período de monitoramento por armadilhas foi de 11 dias, já na 2ª Liberação o tempo foi de 2 dias, explicando o menor valor obtido para essa liberação. Foi possível comparar as 3ª e 4ª Liberações quanto às taxas de recaptura em cada distância de monitoramento, pois foi padronizado 5 dias como o período total de avaliação.

Em estudos de marcação liberação e recaptura da cigarrinha vetora *Macrostelus quadrilineatus* Forbes (Hemiptera: Cicadellidae) os autores verificaram uma taxa de recaptura de apenas 0,22% quando marcadas com pó-fluorescente (ZHOU et al., 2003). Avaliando a efetividade da marcação com pó-fluorescente e o monitoramento da taxa de dispersão de *Homalodisca coagulata* (Say) (Hemiptera: Cicadellidae), Coviella et al. (2006) encontraram valores de taxa de recaptura variando de 0,48 a 2,00%. Para *D. citri*, foram encontradas taxas de recaptura variando de 0,33 a 6,00%, porém em experimentos realizados a partir de avaliações visuais (KOBORI et al. 2011a). Portanto, os valores observados no presente estudo são condizentes com aqueles encontrados na literatura.

Em estudo mais detalhado comparando as taxas de recaptura nas 3ª e 4ª Liberações em cada distância de monitoramento, verificou-se que os dados apresentavam comportamento semelhante àquele descrito no item anterior. Nos testes para verificar diferenças nos níveis do fator distância de dispersão dentro de cada condição de brotações, podemos verificar que independente da presença ($X^2 = 119,82$; g.l. = 3; $P = < 2,20 \times 10^{-16}$) ou ausência de brotações ($X^2 = 27,01$; g.l. = 3; $P = 5,85 \times 10^{-6}$), após 5 dias da liberação, as taxas de recaptura concentram-se nas primeiras linhas de plantas, havendo uma diminuição gradual conforme aumenta a distância do centro de liberação (Tabela 8).

Quando se compara dois a dois os níveis do fator brotação dentro de cada distância de monitoramento, percebemos que em 18 m ($X^2 = 10,14$; g.l. = 1; $P = 0,001$) e 24 m ($X^2 = 14,94$; g.l. = 1; $P = 1,11 \times 10^{-4}$) do centro de liberação coletou-se mais insetos (com relação ao total liberado) na condição de presença de brotações (Figura 19), ressaltando a maior probabilidade de acúmulo de insetos nas primeiras

linhas de plantas quando encontram uma condição ideal em seu hospedeiro. Situação inversa é observada quando comparamos as taxas de recapturas em distâncias superiores a 30 m ($X^2 = 15,11$; g.l. = 1; $P = 1,02 \times 10^{-4}$), na qual é recapturado mais insetos (em relação ao total liberado) na condição de ausência de brotações (Figura 19). Apesar de haver uma tendência de acúmulo de insetos nas primeiras linhas de plantas na ausência de brotações (Tabela 8), recapturam-se menos insetos nessas distâncias quando comparado com a liberação na presença de brotações (Figura 19).

A presença de simbiossiontes pode alterar o comportamento de insetos em voo e consequentemente influenciar na taxa de recaptura (Caragara et al., 2011). Foi relatado que a infecção por *Wolbachia pipientis* aumentava a taxa de recaptura de *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) em duas vezes quando comparado com insetos que não carregavam esse simbiote. Considerando a íntima relação de insetos vetores com microrganismos fitopatogênicos transmitidos de maneira persistente (HOGENHOUT et al., 2008) e a alteração da suscetibilidade de *D. citri* a inseticidas quando carregando *C. L. asiaticus* (Tiwari et al., 2011), uma possível mudança no comportamento em voo entre indivíduos infectivos e não infectivos aos agentes causais do *HLB* deveria ser considerada.

Tabela 8 - Taxa de recaptura acumulada (após 5 dias da liberação) de *D. citri* adultos recapturados em distâncias do centro de liberação e na ausência/presença de brotações em plantas cítricas jovens. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

Brotação	Distância de dispersão			
	18 m	24 m	30 m	> 30 m
Ausente	2,22 a ¹	1,50 b	1,15 bc	0,90 c
Presente	3,40 a	2,77 a	1,60 b	0,22 c

¹ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 19 - Taxa de recaptura acumulada (após 5 dias da liberação) de *D. citri* em função das distâncias de monitoramento e da presença/ausência de brotações em plantas cítricas jovens. Cada nível do fator distância de dispersão foi comparado quanto à presença e ausência de brotações pelo teste qui-quadrado. Os símbolos **, * e NS representam os níveis de significância de 1%, 5% e não significativo, respectivamente. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

2.3.7 Índices de dispersão

Os índices de dispersão mostraram que *D. citri* movimenta-se de maneira muito rápida poucas horas após a liberação, porém atinge valores máximos que se estabilizam com o passar do tempo. Foram verificados bons ajustes dos dados ao modelo monomolecular, o qual representou de maneira satisfatória o comportamento de voo do inseto no campo estudado.

2.3.7.1 Distância média de dispersão

De acordo com os resultados das distâncias médias de dispersão, *D. citri* dispersou independentemente da presença e ausência de brotações. Nas duas condições o comportamento do inseto em voo foi praticamente o mesmo, iniciando com valores de dispersão próximos a 1,7 m (6 h da liberação) e se estabilizando ao redor de 10 m após 5 dias da liberação (Tabela 9). Esses resultados são parecidos com aqueles observados por Kobori et al. (2011 a) em que foi calculado distâncias médias de dispersão de *D. citri* variando de 5,28 a 5,83 m e 6,10 a 12,13 m em experimentos realizados em épocas distintas. Contudo os autores só iniciaram suas avaliações após 1 dia da liberação, o que impossibilitou a verificação da grande taxa

de aumento da distância percorrida entre 6 h e 1 dia, como observado nas Figuras 20 e 21.

Os resultados da Tabela 9 mostram, a partir da análise da variância da regressão não linear, que os valores de distância média percorrida diferenciam-se entre si com o incremento do tempo ($F = 346,57$; g.l. = 2; $P = 1,19 \times 10^{-12}$) e ($F = 360,16$; g.l. = 2; $P = 9,16 \times 10^{-13}$) para as liberações na ausência e presença de brotações, respectivamente, ou seja, existe uma diferença estatística entre as distâncias médias obtidas nos períodos após a liberação. Assim, a partir dessa evidência, sugere-se que, *D. citri* apresenta um comportamento de rápida dispersão ao chegar a um habitat e após o encontro do hospedeiro tende a estabilizar seus valores de distância média de dispersão nos primeiros 5 dias. Vale ressaltar que outros fatores podem influenciar na dispersão do inseto e essas taxas podem ser alteradas após o período de avaliação observado.

O ajuste dos dados ao modelo monomolecular foi confirmado com os valores dos coeficientes de determinação (R^2). Foi obtido um valor de 0,89 para as duas condições (ausência e presença de brotações) (Figuras 20 e 21) o que indica que os dados de distância média se ajustam ao modelo monomolecular e que a dispersão de *D. citri* varia assintoticamente com o tempo.

Northfield et al. (2009) calcularam as distâncias médias de dispersão de *H. vitripennis* e as comparou com relação à cultivos de plantas de distintas qualidades nutricionais para o inseto. Os autores mostraram que a cigarrinha se dispersava 6,46 a 7,98 m no hospedeiro de alta qualidade e 13,52 a 19,13 m em hospedeiro de baixa qualidade, e essa diferença era significativa estatisticamente, indicando que a população do inseto tendia a ficar mais tempo em cultivos de alta qualidade nutricional. Contudo, ao compararmos as liberações no presente trabalho, nas condições de presença e ausência de brotações, percebemos uma grande semelhança nas distâncias médias de dispersão. Essa similaridade pode indicar o fato de existirem poucos indivíduos com comportamentos distintos dentro de uma população de *D. citri*, como é observado para *B. tabaci* (BYRNE et al., 1996; ISAACS e BYRNE, 1998). A grande maioria realiza voos triviais próximos do centro de liberação e uma pequena parcela destina-se a se deslocar por maiores distâncias com o intuito de garantir a disseminação da espécie, o que foi observado na avaliação das distâncias máximas de dispersão (item 2.3.3.2.).

Vale ressaltar que todos os insetos coletados nas distâncias superiores a 30 m não puderam entrar na contabilização desse índice. Isso ocorreu porque a distância máxima de monitoramento foi de 30 m em cada repetição. Estudos considerando círculos concêntricos em distâncias maiores devem ser realizados para comprovação dos valores aqui obtidos.

Tabela 9 – Distância média de dispersão (m) de *D. citri* adultos marcados com pó fluorescente em função do tempo após a liberação e disponibilidade de brotações. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

Brotações	Dias após a liberação			
	0,25	1	3	5
Ausente	1,68 m $\pm$ 0,27	8,62 m $\pm$ 0,39	10,35 m $\pm$ 0,45	9,57 m $\pm$ 0,44
Presente	1,83 m $\pm$ 0,28	8,96 m $\pm$ 0,55	9,95 m $\pm$ 0,14	9,99 m $\pm$ 0,22

Figura 20 – Ajuste do modelo monomolecular aos dados de distância média de dispersão de *D. citri* na condição de ausência de brotações em função do tempo após a liberação. O ajuste foi feito pelo método dos quadrados mínimos com auxílio do *software* Statistica (STATSOFT). A equação gerada foi $y=1-(1-(-0,51626))\cdot\exp(-(2,40182)\cdot x)$ com $R^2=0,8944$

Figura 21 – Ajuste do modelo monomolecular aos dados de distância média de dispersão de *D. citri* na condição de presença de brotações em função do tempo após a liberação. O ajuste foi feito pelo método dos quadrados mínimos com auxílio do *software* Statistica (STATSOFT). A equação gerada foi $y=1-(1-(-0,62607))\cdot\exp(-(2,7529)\cdot x)$ com $R^2=0,8941$

2.3.7.2 Área abrangida

Semelhantemente à distância média de dispersão, os valores observados para a área abrangida pelo inseto em voo mostraram comportamento semelhante, independente da presença ou ausência de brotações. Nas duas condições a área percorrida pelo inseto variou de 17,75 a 19,74 m² após 6 horas da liberação e 100,29 a 107,83 m² após 5 dias da liberação nas condições de ausência e presença de brotações, respectivamente (Tabela 10).

De acordo com os resultados observados na Tabela 10, foi possível verificar, a partir da análise da variância da regressão não linear, que os valores de área abrangida diferenciam-se entre si com o incremento do tempo ($F=138,23$; g.l. = 2; $P=6,04\times 10^{-10}$) e ($F=216,62$; g.l. = 2; $P=2,95\times 10^{-11}$) para as liberações na ausência e presença de brotações, respectivamente, ou seja, existe diferença estatística na área abrangida por *D. citri* em dispersão em um período de 5 dias de monitoramento.

Os valores dos coeficientes de determinação (R^2) foram marginalmente inferiores àqueles obtidos no ajuste das distâncias médias de dispersão. Foi obtido um valor de 0,77 e 0,83 para as duas condições (ausência e presença de brotações) respectivamente (Figuras 22 e 23) o que indica que as áreas abrangidas se

ajustaram ao modelo monomolecular e que o espaço recoberto por *D. citri* em dispersão varia assintoticamente com o tempo.

Tabela 10 – Área abrangida (m^2) de *D. citri* adultos marcados em função do tempo após a liberação e disponibilidade de brotações. 3ª (Ausência de brotações) e 4ª (Presença de brotações) liberações realizadas na Fazenda Areão, em Piracicaba, SP, nos dias 12/09/12 e 19/10/12, respectivamente

Brotações	Dias após a liberação			
	0,25	1	3	5
Ausente	17,75 $m^2 \pm 2,89$	88,69 $m^2 \pm 6,15$	114,34 $m^2 \pm 2,03$	100,29 $m^2 \pm 7,98$
Presente	19,74 $m^2 \pm 3,29$	96,19 $m^2 \pm 6,71$	107,18 $m^2 \pm 2,59$	107,83 $m^2 \pm 3,98$

Figura 22 – Ajuste do modelo monomolecular aos dados de área abrangida da dispersão de *D. citri* na condição de ausência de brotações em função do tempo após a liberação. O ajuste foi feito pelo método dos quadrados mínimos com auxílio do software Statistica (STATSOFT). A equação gerada foi $y=1-(1-(-0,60641))*\exp(-(2,67638)*x)$ com $R^2=0,7720$

Figura 23 – Ajuste do modelo monomolecular aos dados de área abrangida da dispersão de *D. citri* na condição de presença de brotações em função do tempo após a liberação. O ajuste foi feito pelo método dos quadrados mínimos com auxílio do software Statistica (STATSOFT). A equação gerada foi $y=1-(-1,2186)*\exp(-(4,06735)*x)$ com $R^2=0,8330$

3 CONCLUSÕES

- Não há influência das quatro cores de pó fluorescente (amarelo, azul, rosa e verde) na sobrevivência de *D. citri* quando comparados com insetos não marcados.
- A utilização de uma cultura não hospedeira para o inseto, com uma altura média de 2 m, não interfere na dispersão em direção a plantas cítricas.
- Presença de brotações em plantas cítricas resulta em menor dispersão de *D. citri*.
- Após 6 horas da liberação, adultos de *D. citri* apresentam uma capacidade de dispersão três vezes maior quando se deparam com uma condição de ausência de brotações.
- A dispersão média e a área total abrangida de *D. citri* variam assintoticamente com o tempo, ou seja, há um rápido deslocamento nas primeiras horas tendendo a se estabilizar com o incremento do tempo.

REFERÊNCIAS

ARAKAWA, K.; MIYAMOTO, K. Flight ability of Asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera; Psyllidae), measured by a flight mill. **Research Bulletin Plant Protection Service**, Japan, v. 43, p. 23-26, 2007.

AUBERT, B.; XIA, Y.H. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya* canopies. In: CONFERENCE ON CITRUS REHABILITATION, 1990, Chiang Mai, **Proceedings...** Chiang Mai, 1990. p. 181–187.

BASSANEZI, R.B.; LOPES, S.A.; BELASQUE-JÚNIOR, J.; SPÓSITO, M.B.; YAMAMOTO, P.T.; MIRANDA, M.P.; TEIXEIRA, D.V.; WULFF, N.A. Epidemiologia do *huanglongbing* e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v. 31, p. 11-23, 2010.

BELASQUE JUNIOR, J.; BARBOSA, J.C.; MASSARI, C.A.; AYRES, A.J. Incidência e distribuição do *huanglongbing* no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v. 31, p.1-9, 2010.

BERGAMIN FILHO, A. Controle do *huanglongbing* dos citros. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, Tucuman, v. 86, p.47-48, 2009.

BLACKMER, J.L.; HAGLER, J.R.; SIMMONS, G.S.; CAÑAS, L.A. Comparative dispersal of *Homalodisca coagulata* and *Homalodisca liturata* (Homoptera: Cicadellidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 33, p. 88-99, 2004.

BOINA, D.R.; MEYER, W.L.; ONAGBOLA, E.O.; STELINSKI, L.L. Quantifying dispersal of *Diaphorina Citri* (Homiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged groves on commercial citrus Management. **Entomological Society of America**, College Park, v.38, p.1250-1258, 2009.

BONANI, J.P. **Caracterização do aparelho bucal e comportamento alimentar de *Diaphorina citri* Kuwayama (Homiptera: Psyllidae) em *Citrus sinensis* (L.) Osbeck**. 2009. 83p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BOVÉ, J.M. **HUANGLONGBING**. *International Organization of Citrus Virologists*, 2009. Disponível em:
<http://www.ivia.es/iocv/enfermedades/huanglongbing/HUANGLONGBING.htm>.
 Acesso em: 19 jul.2011.

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

BRAENDLE, C.; DAVIS, G.K.; BRISSON, J.A.; STERN, D.L. Wing dimorphism in aphids. **Heredity**, Edinburgh, v. 97, p. 192-199, 2006.

BYRNE, D.N. Migration and dispersal by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 97, p. 309-316, 1999.

BYRNE, D.N.; RATHMAN, R. J.; ORUM, T.V.; PALUMBO, J.C. Localized migration and dispersal by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. **Oecologia**, Berlin, v. 105, p. 320-328, 1996.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York. John Wiley 1990. 532p.

CAPOOR, S.P. Decline of citrus trees in India. **Bulletin of the National Institute of Science India**, Poona, v. 24, p. 48-64, 1963.

CAPOOR, S.P.; RAO, D.G.; VISWANATH, S.M. *Diaphorina citri* Kuwayama, a vector of the greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Agricultural and Science**, New Delhi, v.37, p.572-576, 1967.

CARAGATA, E.P.; REAL, K.M.; ZALUCKI, M.P.; MCGRAW, E.A. Wolbachia infection increases recapture rate of field-released *Drosophila melanogaster*. **Symbiosis**, Philadelphia, v. 54, p. 55-60, 2011.

COLETTA-FILHO, H.D.; TARGON, M.L.P.N.; TAKITA, M.A.; DE NEGRI, J.D.; POMPEU JR., J.; AMARAL, A.M.; MULLER, G.W.; MACHADO, M.A. ; First report of the Causal Agent of *Huanglongbing* ("*Candidatus Liberibacter asiaticus*") in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, p. 1382, 2004.

COSTA LIMA, A.M. **Insetos do Brasil**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1942. 101p. (série didática, 3: Homoptera).

COVIELLA, C.E.; GARCIA, J.F.; JESKE, D.R.; REDAK, R.A.; LUCK, R.F. Feasibility of tracking within-field movements of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae) and estimating its densities using fluorescent dusts in mark-release-recapture experiments. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 99, p. 1051-1057, 2006.

DA GRAÇA, J.V. Biology, history and world status of Huanglongbing. In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE HUANGLONGBING DE LOS CÍTRICOS (*CANDIDATUS LIBERIBACTER SPP*) Y EL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS (*DIAPHORINA CITRI*), 1., 2008, Hermosillo, **Proceedings...** Hermosillo, 2008.p. 7.

DA GRAÇA, J.V. Citrus greening disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 29, p. 109-136, 1991.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GOTTWALD T.R.; IREY, M.S.; GAST, T.; PARNELL, S.; TAYLOR E.L.; HILF, M.E. Spatio-temporal analysis of an HLB epidemic in Florida and implications for future spread. In: CONFERENCE OF INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGIST, 17., 2010 IOCV. **Proceedings....**IOCV, 2010. p. 1-13.

GOTTWALD, T.R.; AUBERT, B.; LONG, H.K.; Spatial patterns analysis of citrus Greening in Shantou, China. In: INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS CONFERENCE, 11., 1989, Riverside, **Proceedings...** Riverside, 1991. p. 421-427.

GOTTWALD, T.R.; DA GRAÇA, J.V.; BASSANEZI, R.B. Citrus Huanglongbing: The pathogen and its impact. **Plant Health Progress**, Saint Paul, 2007 p. 1-35.

HAGLER, J.R.; JACKSON, C.G. Methods for marking insects: current techniques and future prospects. **Annual Review of Entomology**, Standford, v.46, p. 511-543, 2001;

HAGLER, J.R.; JONES, V.P.; A protein-based approach to mark arthropods for mark-capture type research, **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 135, p. 177-192, 2010.

HALBERT, S.E. The discovery of huanglongbing in Florida. in: International citrus canker and huanglongbing research workshop, 2., 2005, Florida, **Proceedings...** Florida, 2005. p. 50.

HALBERT, S.E.; MANJUNATH, K.L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and *greening* disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville v. 87, p. 330-353, 2004.

HALL, D.G. Biology, history and world status of *Diaphorina citri*. In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE HUANGLONGBING DE LOS CÍTRICOS (*CANDIDATUS LIBERIBACTER SPP*) Y EL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS (*DIAPHORINA CITRI*), 1., 2008, Hermosillo, **Proceedings...** Hermosillo, 2008.p. 11.

HALL, D.G.; HENTZ, M.G.; ADAIR JR, R.C. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. **Environmental Entomology**, College Park, v. 37, p. 914-924, 2008.

HALL, D.G.; HENTZ, M.G.; Seasonal flight activity by the Asian citrus psyllid in east central Florida. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.139, p.75-85, 2011.

HENNE, D.C.; WORKNEH, F.; RUSH, C. Movement of *Bactericera cockerelli* (Heteroptera: Psyllidae) in relation to potato canopy structure, and effects on potato tuber weights. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 103, p. 1524-1530, 2010.

HODGE, S.; HARDIE, J.; POWELL, G. Parasitoids aid dispersal of a nonpersistently transmitted plant virus by disturbing the aphid vector. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 13, p. 83-88, 2011.

HOGENHOUT, S.A.; AMMAR, E.D.; WHITFIELD, A.E.; REDINBAUGH, M.G. Insect Vector Interactions with Persistently Transmitted Viruses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.46, p.327–359, 2008.

ISAACS, R.; BYRNE, D.N. Aerial distribution, flight behaviour and eggload: Their inter- relationship during dispersal by the sweetpotato whitefly. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 67, p. 741-750, 1998.

JAGOEIX, S.; BOVÉ, J.M.; GARNIER, M.; The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the α subdivision of the proteobacteria. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 44, p. 379-386, 1994.

JEGER, M.J. Improved understanding of dispersal in crop pest and disease management: Current status and future directions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 97, p. 331-349, 1999.

KOBORI, Y.; NAKATA, T.; OHTO, Y.; TAKASU, F.A; 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**, Tokyo, v. 46, p. 27-30, 2011a.

KOBORI, Y.; NAKATA, T.; OHTO, Y. Estimation of dispersal pattern of adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 55, p. 177-181, 2011b.

KRING, J.B. Flight behavior of aphids. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 17, p. 461-492, 1972.

LESSIO, F.; ALMA, A. Dispersal patterns and chromatic response of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera: Cicadellidae), vector of the phytoplasma agent of grapevine flavescence dorée. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 6, p.121-127, 2004.

LOPES, S.A.; WULFF, N.A.; YAMAMOTO, P.T.; MIRANDA, M.P.; Progress and perspectives of researchs on HLB and its vector *Diaphorina citri*; In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE PLAGAS CUARENTENARIAS DE LOS CÍTRICOS, 2009, Villahermosa, **Proceedings...** Villahermosa, 2009. p.14.

MCFARLAND, C.D.; HOY, M.A. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhenis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 84, p. 227-233, 2001.

MESSING, R.H.; KLUNGNESS, L.M. ; PURCELL, M.; WONG, T.T.Y. Quality control parameters of mass-reared opine parasitoids used in augmentative biological control of tephritid fruit flies in Hawaii. **Biological Control**, Orlando, v. 3, p. 140-147, 1993.

MOORHOUSE, J.E. Experimental analysis of the locomotor behaviour of *Schistocerca gregaria* induced by odour. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 17, p. 913-920, 1971.

MORSELLO, S.C.; BEAUDOIN, A.L.P.; GROVES, R.L.; NAULT, B.A.; KENNEDY, G.G. The influence of temperature and precipitation on spring dispersal of *Frankliniella fusca* changes as the season progresses. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, Dordrecht, v. 134, p. 260-271, 2010.

NAKATA T. Effectiveness of micronized fluorescent powder for marking citrus psyllid *Diaphorina citri*. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 43, p. 33–36, 2008.

NAVA, D.E.; TORRES, M.L.G.; RODRIGUES, M.D.L.; BENTO, J.M.S.; PARRA, J.R.P.; Biology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 131, p. 709-715, 2007.

NORTHFIELD, T.D.; MIZELL III, R.F.; PAINI, D.R.; ANDERSEN, P.C.; BRODBECK, B.V.; RIDDLE, T.C.; HUNTER, W.B. Dispersal, patch leaving, and distribution of *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 38, p. 183-191, 2009.

PYKE, G.H.; PULLIAM, H.R.; CHARNOV, E.L. Optimal foraging: A selective review of theory and tests. **Quarterly Review of Biology**, New York, v. 52, p. 137-154, 1977.

REYNOLDS, D.R.; RILEY, J.R.; ARMES, N.J.; COOTER, R.J.; TUCKER, M.R.; COLVIN, J. Techniques for quantifying insect migration. In: Dent, D.R.; Walton, M.P. **Methods in Ecological and Agricultural Entomology**. Cambridge: CAB International, 1997. p. 111-145.

RHAINDS, M.; SHIPP, L. Dispersal of adult western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on chrysanthemum plants: Impact of feeding-induced senescence of inflorescences. **Environmental Entomology**, College Park, v. 32, p. 1056-1065, 2003.

RILEY, J.R.; REYNOLDS, D.R.; MUKHOPADHYAY, S.; GHOSH, M.R.; SARKAR, T.K. Long-distance migration of aphids and other small insects in northeast India. **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 92, p. 639-653, 1995.

SAKAMAKI, Y. Possible migration of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) between and within islands. **Occasional Papers Kagoshima University Research Center for the Pacific Islands**, Kagoshima, v. 42, p. 121-125, 2005.

SAMWAYS, M.J.; MANICOM, B.Q. Immigration, frequency distributions and dispersion patterns of the psyllid *Trioza erytreae* (Del Guercio) in a citrus orchard. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.20, p. 463-472, 1983.

SERVICE, M.W. Mosquito Ecology: **Field Sampling Methods**. New York: Elsevier, 1993, 988 pp. Disponível em: http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=eid=VM8MA4E_VT8Ceoi=fnd&pg=PR7&dq=Mosquito+Ecology:Field+Sampling+Methods.eots=KB_WCJVRuYesig=iRuTQZ7ZFg7AGpZwIXJrI5gtpPk#v=onepage&q=dustef=false. Acesso em: 25 jul.2011.

SÉTAMOU, M.; SANCHEZ, A.; PATT, J.M.; NELSON, S.D.; JIFON, J.; LOUZADA, E.S. Diurnal patterns of flight activity and effects of light on host finding behavior of the Asian citrus psyllid. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 25, p. 264-276, 2012.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419p.

SMITH, H.A.; MCSORLEY, R. Potential of field corn as a barrier crop and eggplant as a trap crop for management of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on common bean in north Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 83, p. 145-158, 2000.

TEIXEIRA, D.C.; AYRES, A.J.; KITAJIMA, E.W.; TANAKA, F.A.O.; DANET, J.L.; JAGOEIX-EVEILLARD, S.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. 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**, Saint Paul, v. 89, p. 107, 2005a.

THEIN, M.M.; JAMJANYA, T.; KOBORI, Y.; HANBOONSONG, Y. Dispersal of the leafhoppers *Matsumuratettix hiroglyphicus* and *Yamatotettix flavovittatus* (Homoptera: Cicadellidae), vectors of sugarcane white leaf disease. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 47, p. 255-262, 2012.

TIWARI, S.; PELZ-STELINSKI, K.; STELINSKI, L.L. Effect of *Candidatus Liberibacter asiaticus* infection on susceptibility of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, to selected insecticides. **Pest Management Science**, Sussex, v. 67, p. 94-99, 2011.

VAN DEN BERG, M.A.; ANDERSON, S.H.; DEACON, V.E. Population studies of the citrus psylla, *Trioza erytreae*: Factors influencing dispersal. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 19, p. 283-289, 1991.

VEENSTRA, K.H.; BYRNE, D.N. Does dispersal affect the reproductive physiology of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*? **Physiological Entomology**, Oxford, p. 24, p. 72-75, 1999.

WENNINGER, E.J.; HALL, D. G. Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, p. 715-722, 2007.

YASUDA, K.; KAWAMURA, F.; OISHI, T. 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**, Tokyo, v. 49, p. 146-149, 2005.

ZAKA, S.M.; ZENG, X.; HOLFORD, P.; BEATTIE, G.A.C. Repellent effect of guava leaf volatiles on settlement of adults of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama, on citrus. **Insect Science**, Malden, v. 17, p. 39-45, 2010.

ZHANG, Y.; WANG, L.; WU, K.; WYCKHUYS, K.A.G.; HEIMPEL, G.E. Flight performance of the soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) under different temperature and humidity regimens. **Environmental Entomology**, College Park, v. 37, p. 301-306, 2008.

ZHOU, L.; HOY, C.W.; MILLER, S.A.; NAULT, L.R. Marking methods and field experiments to estimate aster leafhopper (*Macrostelus quadrilineatus*) dispersal rates. **Environmental Entomology**, College Park, v. 32, p. 1177-1186, 2003.