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

Dinâmica temporal e distribuição espacial de *Huanglongbing* (HLB, *Greening*) e seu inseto vetor (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Grêssa Amanda Chinelato

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2017

Grêssa Amanda Chinelato
Engenheira Agrônoma

Dinâmica temporal e distribuição espacial de *Huanglongbing* (HLB, *Greening*) e seu inseto
vetor (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. **JOSÉ BELASQUE JUNIOR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Chinelato, Grêssa Amanda

Dinâmica temporal e distribuição espacial de *Huanglongbing* (HLB, *Greening*) e seu inseto vetor (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) / Grêssa Amanda Chinelato. – versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

67 p.

Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Citros 2. Psilídeo 3. Erradicação de plantas 4. '*Candidatus Liberibacter*' I. Título

DEDICATÓRIA

*A Deus e à Nossa Senhora Aparecida e
Aos meus pais, pessoas que amo muito, Maria Elisabete Andriotta Chinelato
e Paulo Sergio Chinelato, que sempre me apoiaram e me ajudaram.*

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP) por proporcionar a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao professor José Belasque pela orientação, ensinamentos, ajuda, paciência e pela oportunidade de realizar trabalhos desde 2014, ainda na graduação.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da Esalq/USP pelos ensinamentos e boa convivência.

A todos que me ajudaram nos trabalhos de campo, entre eles: Caroline, Josi, Kelly, Mathaus, Belasque e minha mãe.

Ao Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) pelo apoio nas atividades de campo e nas análises laboratoriais.

Aos produtores que colocaram à disposição suas áreas para a realização do trabalho de campo.

Aos funcionários das propriedades pesquisadas, pela ajuda e ensinamentos durante os trabalhos de campo.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia e Nematologia Esalq/USP, pela ajuda e boa convivência, em especial à Heloisa e à Fabiana.

Aos colegas do Laboratório de Bacteriologia, pela ajuda e também pelas conversas e momentos de descontração.

Aos colegas de pós-graduação pelo companheirismo, ensinamentos, boa convivência e conversas.

À minha família, em especial aos meus pais, pela confiança, apoio, ajuda e compreensão em todos os momentos.

Aos meus amigos que me apoiaram durante este trabalho e pelas conversas, principalmente a Vera e meu namorado, que me ajudaram em todos os momentos.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Sabemos como é a vida: num dia dá tudo certo e no outro as coisas já não são tão perfeitas assim. Altos e baixos fazem parte da construção do nosso caráter. Afinal, cada momento, cada situação, que enfrentamos em nossas trajetórias é um desafio, uma oportunidade única de aprender, de se tornar uma pessoa melhor. Só depende de nós, das nossas escolhas...

Não sei se estou perto ou longe demais, se peguei o rumo certo ou errado. Sei apenas que sigo em frente, vivendo dias iguais de forma diferente. Já não caminho mais sozinho, levo comigo cada recordação, cada vivência, cada lição. E, mesmo que tudo não ande da forma que eu gostaria, saber que já não sou a mesma de ontem e que me faz perceber que valeu a pena.

Procure ser uma pessoa de valor, em vez de procurar ser uma pessoa de sucesso. O sucesso é só consequência.”

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. CITRICULTURA E O <i>HUANGLONGBING</i>	11
2.2. ETIOLOGIA E INSETO VETOR	12
2.3. SINTOMAS DO HLB	13
2.4. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DO HLB	14
2.5. MONITORAMENTO DE <i>DIAPHORINA CITRI</i>	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. ÁREAS DE ESTUDO	19
3.2. MONITORAMENTO DE <i>DIAPHORINA CITRI</i>	20
3.3. ERRADICAÇÕES DE PLANTAS SINTOMÁTICAS E PULVERIZAÇÕES COM INSETICIDAS PARA O CONTROLE DO VETOR NA PR	22
3.4. AJUSTES DE MODELOS DE GRADIENTES DE DOENÇA	24
3.5. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE ARMADILHAS A SER ADOTADO NUMA ÁREA CONSIDERANDO A PRECISÃO DA MÉDIA DE ADULTOS/ARMADILHA	25
3.6. DINÂMICA TEMPORAL	26
4. RESULTADOS	27
4.1. FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE <i>DIAPHORINA CITRI</i>	27
4.2. DISPERSÃO ESPACIAL DE <i>DIAPHORINA CITRI</i> E DE PLANTAS COM HLB	34
4.3. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE ARMADILHAS A SER ADOTADO NUMA ÁREA E A MÉDIA DE ADULTOS/ARMADILHA	47
4.4. DINÂMICA TEMPORAL PARA OS DADOS DE PLANTAS ERRADICADAS COM HLB	50
5. DISCUSSÃO	53
6. CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	63

RESUMO

Dinâmica temporal e distribuição espacial de *Huanglongbing* (HLB, *Greening*) e seu inseto vetor (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Uma das principais doenças da citricultura é o *Huanglongbing* (HLB, *Greening*). Não há métodos curativos para o manejo do HLB e minimizam-se seus danos com a eliminação de plantas com sintomas da doença e com o controle do inseto vetor. A manutenção de áreas com plantas doentes e sem o controle de *D. citri* resulta em risco para a viabilidade econômica de pomares nos quais são empregadas essas estratégias de controle. Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o progresso temporal de plantas com sintomas de HLB, a distribuição espacial dessas plantas e seu vetor, a dinâmica populacional de *D. citri* e estimar o número de armadilhas adesivas amarelas para detecção de adultos do vetor. Os dados de campo foram obtidos de três áreas destinadas à produção de citros, que realizavam o controle para o vetor, e outras duas áreas vizinhas que tinham plantas cítricas sem esse controle. Essas áreas foram amostradas de 2012 a 2016 com o emprego de armadilhas adesivas amarelas. As frequências de captura de *D. citri*, as médias de adultos/armadilha e as incidências de plantas com HLB, foram maiores em lotes vizinhos de áreas não comerciais, em comparação com lotes vizinhos de áreas comerciais regularmente pulverizadas com inseticidas. As áreas comerciais apresentaram médias de 0,01 a 0,05 adulto/armadilha, enquanto as áreas não comerciais apresentaram médias de 0,20 a 1,32 adulto/armadilha. A proporção desses adultos detectados como bacterilíferos variou de 18% a 72%. Os adultos de *D. citri* foram detectados quase que exclusivamente em armadilhas localizadas nas bordas dos lotes, em comparação com armadilhas colocadas internamente. Oitenta por cento das plantas com HLB estavam até 80 a 160 metros da borda. O modelo exponencial negativo se ajustou aos dados referente à proporção de plantas com HLB em função da distância da borda, com valores do coeficiente angular de 0,01 a 0,02. Plantas com HLB detectadas nesses lotes apresentaram-se distantes entre si até 90,7 metros, indicando que a infecção das plantas foi relacionada à dispersão de adultos de *D. citri* provenientes de áreas externas. Estimativas precisas para a média de adultos/armadilha exigem o emprego de dezenas a centenas de armadilhas, o que torna esse procedimento impraticável em áreas regularmente pulverizadas com inseticidas. Os modelos de progresso temporal logístico e de Gompertz se ajustaram à maioria dos dados de proporção de plantas com HLB, com taxas de progresso de 0,43 a 1,18 para o modelo logístico e 0,01 a 0,46 para o modelo de Gompertz. Áreas comerciais, mantidas sem a eliminação frequente de plantas com HLB, mas com controle frequente do vetor, podem ser menos importantes como fontes de inóculo do HLB que plantas não comerciais, infectadas e sem tratamentos com inseticidas, o que exige ações adicionais, destinadas às áreas não comerciais, na tentativa de se reduzir as infecções primárias de HLB.

Palavras-chave: Citros; Psílideo; Erradicação de plantas; '*Candidatus Liberibacter*'

ABSTRACT

Temporal dynamics and spatial distribution of *Huanglongbing* (HLB, Greening) and its insect vector (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Citrus *Huanglongbing*, also called HLB or Greening, is one of the most important diseases of citrus. There are no curative methods for HLB management. By consequence, roguing and vector control are recommended measures to prevent new infections. The maintenance of areas with infected trees and without *D. citri* control put under risk the viability of orchards in which HLB control strategies are employed. The objectives of this work were to evaluate the temporal progress of HLB-symptomatic trees, the spatial distribution of HLB-symptomatic trees and its vector, the population dynamics of *D. citri* and to estimate the number of yellow sticky traps for adult detection. Data were obtained from three commercial areas where HLB were under management by roguing and insecticide sprays, and two additional neighboring areas without HLB control. All areas were sampled from 2012 to 2016 and adults of psyllid vector were sampled by yellow traps. The capture frequencies of *D. citri*, the average of adults/trap, and the incidences of HLB-symptomatic plants were higher in plots neighboring non-commercial areas, compared to plots neighboring commercial areas regularly sprayed with insecticides. Commercial areas presented averages ranging from 0.01 to 0.05 adult/trap, while non-commercial areas presented averages between 0.20 to 1.32 adult/trap. The proportion of bacteriliferous adults ranged from 18% to 72%. Adults of *D. citri* were detected almost exclusively in traps located on the edge of the plots, compared to traps placed internally. Eighty percent of the plants with HLB were distant up to 80 to 160 meters from the edge. The negative exponential model was adjusted to the data concerning the proportion of plants with HLB as a function of distance from the edge, with values of the angular coefficient from 0.01 to 0.02. Affected plants detected in those plots were distant to each other up to 90.7 meters, indicating that infection process was related to *D. citri* adults from external areas. Precise estimates of adults/trap require the adoption of tens to hundred traps per plot, which makes this procedure impractical in areas regularly sprayed with insecticides. Logistic and Gompertz models fitted for the majority of affected plants proportion data. Rates ranged from 0.43 to 1.18 for Logistic and 0.01 to 0.46 for Gompertz model. Commercial areas, maintained without frequent HLB-plant eradication, but with regular vector control, maybe are less important as HLB sources of inoculum than non-commercial HLB-infected plants, never treated with insecticides, which requires additional efforts to attempt a reduction on the primary spread of HLB.

Keywords: Citrus; Psyllid; Roguing; '*Candidatus Liberibacter*'

1. INTRODUÇÃO

A citricultura é uma importante atividade econômica no País. Distribuída em todas as regiões brasileiras, mas com sua produção concentrada na região sudeste, a produção de citros no Brasil foi de 17 milhões de toneladas de frutas na safra 2015/2016 (FAO 2017). Atualmente o País é o maior produtor mundial de suco de laranja, produto esse exportado principalmente para a União Européia, Estados Unidos, China e Japão.

Muitas doenças afetam a cultura dos citros e a principal delas é o *Huanglongbing* (HLB, *Greening*), palavra essa que significa “doença do ramo amarelo” em mandarim. O HLB é provavelmente causado pelas espécies bacterianas ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ e ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’, procariotos Gram-negativos que colonizam o floema de plantas infectadas. A espécie ‘*Ca. Liberibacter americanus*’ foi detectada exclusivamente em São Paulo e sua ocorrência é bem menos frequente (Teixeira et al. 2010). Os sintomas nas folhas caracterizam-se pela perda da cor verde mais intensa, com engrossamento das nervuras, folhas de menor tamanho, internódios curtos e desfolha. Frutos de ramos sintomáticos são geralmente deformados, assimétricos, pequenos, e pode ocorrer queda de frutos em pré-colheita. É comum observar-se o abortamento de sementes em frutos sintomáticos (Bové 2006).

Ainda não há métodos curativos para o HLB que possam ser extensivamente aplicados para o manejo da doença em áreas comerciais. Dessa forma, é necessário prevenir a infecção de novas plantas. As medidas de manejo adotadas em áreas citrícolas são a pulverização das plantas com inseticidas para reduzir a população do vetor e a inspeção para detecção e eliminação de plantas com HLB, medidas essas adotadas para a redução das fontes de inóculo (Bassanezi et al. 2013a).

Como é uma doença de rápida distribuição e a disseminação da doença ocorre dentro de uma área, mas também para áreas vizinhas, Bassanezi et al. (2013a,b) apresentaram a necessidade de ações regionais para um manejo mais efetivo dessa doença. Plantas de áreas não comerciais raramente são pulverizadas com inseticidas para o controle do vetor. Além disso, a eliminação dessas plantas é muito menos frequente do que o esperado para áreas comerciais. Como consequência, essas plantas podem servir como fontes de inóculo do HLB e para a reprodução contínua do vetor. No entanto, desconhecem-

se qual a influência de áreas não comerciais ou áreas comerciais, sem a erradicação de plantas sintomáticas, sobre áreas que realizam o manejo da doença e do vetor. Dessa forma, no presente trabalho os objetivos foram avaliar o progresso temporal de plantas com sintomas de HLB, a distribuição espacial dessas plantas e de adultos do vetor e a dinâmica populacional do vetor em lotes de plantas mantidos com o manejo do HLB e pertencentes à uma propriedade circundada por áreas comerciais e não comerciais mantidas sem a erradicação de plantas sintomáticas. Além disso, estimou-se também o número necessário de armadilhas adesivas amarelas para detecções precisas da média de adultos/armadilha nessas áreas. Os resultados obtidos permitiram estabelecer hipóteses acerca da importância de áreas comerciais e não comerciais como fontes de inóculo do patógeno e a necessidade de ações externas à uma propriedade para a redução de infecções primárias por HLB.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Citricultura e o *Huanglongbing*

O Brasil é o primeiro produtor mundial e o maior exportador de suco de laranja. A produção de cítricos está distribuída por todas as regiões brasileiras, mas com maior concentração na Região Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo, cujos pomares são na maioria de laranjeiras doces (Cunha Sobrinho et al. 2013). A safra 2015/2016, em São Paulo e Triângulo Mineiro, foi de 261,6 milhões de caixas de laranja (40,8 kg), das quais apenas 39 milhões de caixas foram destinadas ao mercado interno de fruta *in natura* (Netto 2016). Para a safra 2016/2017 estima-se uma produção de 245,31 milhões de caixas de laranjas de um parque citrícola de 175,5 milhões de árvores em produção (Fundecitrus 2017a).

Dentre os principais desafios da citricultura brasileira estão a viabilidade econômica do setor e a manutenção da sanidade dos pomares. Segundo Neves et al. (2010), cerca de 40 milhões de plantas cítricas de São Paulo e do Triângulo Mineiro foram eliminadas em dez anos em razão de algumas das principais doenças que ocorrem na cultura dos citros. A doença *Huanglongbing* (HLB), também denominada *Greening*, é a principal dessas ameaças. Também presente na Flórida, o HLB é uma ameaça não somente à produção brasileira de laranja doce, mas também ao mercado mundial de suco de laranja, o qual possui sua produção estabelecida em São Paulo e na Flórida, estados esses que vivem epidemias dessa doença (Belasque et al. 2010b). O HLB aumenta os custos de produção, mas também reduz a qualidade e a quantidade de frutos (Bové 2006).

A doença *Huanglongbing* recebeu diferentes denominações em diversas regiões do mundo. Por exemplo, nas Filipinas foi denominada de “Leaf mottling” (folha mosqueada). Na Índia, a doença inicialmente foi conhecida como “Dieback” (morte dos ponteiros), tendo sido atribuída a muitos problemas como deficiências nutricionais, patógenos de solo e até confundida com a tristeza dos citros (CTV). Na África do Sul, o HLB foi denominado de “Greening” (inversão de cores na fase de amadurecimento dos frutos). Na Indonésia, o HLB foi conhecido como “Phloem degeneration” (degeneração do floema), em Taiwan de

“Likubin” (declínio) e na China foi denominado de “Huanglongbing”, que significa doença do ramo amarelo, em função das características dos sintomas na copa das árvores. A doença já foi associada a deficiências nutricionais, mas na década de 1950 foi comprovado a transmissão por enxertia da doença (Bové 2006; Teixeira et al. 2010). Apesar da palavra *Greening* ainda ser frequentemente usada, em 1995 adotou-se *Huanglongbing* como seu nome “oficial”, respeitando-se sua primeira descrição científica (Bové 2006; Gottwald et al. 2007).

2.2. Etiologia e inseto vetor

Os postulados de Koch ainda não foram concluídos para o HLB. No entanto, o provável agente causal é um procarioto Gram-negativo, restrito aos vasos do floema, pertencente à classe α -Proteobacteria, ordem Rhizobiales e família Rhizobiaceae (Teixeira et al. 2010). Duas espécies de ‘*Candidatus Liberibacter*’ associadas ao HLB foram descritas no Brasil, ‘*Ca. L. asiaticus*’ e ‘*Ca. L. americanus*’ (Teixeira et al. 2005). A disseminação desses patógenos entre plantas hospedeiras é dependente de um inseto vetor alado, o psílídeo *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) (Bové 2006). A doença também está associada a outra bactéria Gram-negativa, denominada ‘*Ca. L. africanus*’, nunca encontrada fora do continente africano, a qual é transmitida pelo psílídeo *Trioza erytreae* (Hemiptera: Triozidae). Esse último vetor não foi encontrado no Brasil. Além das bactérias Gram-negativas citadas, plantas com sintomas típicos de HLB também foram diagnosticadas em São Paulo com um fitoplasma do grupo 16 SrIX, mas sem qualquer uma das espécies de ‘*Ca. Liberibacter*’ (Teixeira et al. 2010; Marques 2011).

O HLB foi primeiramente detectado no Brasil em 2004, na região de Araraquara, São Paulo, mas já se encontra presente também nos estados de Minas Gerais e Paraná (Belasque et al. 2009). Por outro lado, o inseto vetor *D. citri* está presente no Brasil desde a década de 1940, e até a detecção do HLB no País esse inseto era considerado como uma praga secundária em razão dos poucos danos a ele associados. Entre 2008 e 2017 foram realizados levantamentos amostrais para detecção e quantificação de pomares e plantas de laranjeiras doces com HLB em São Paulo. Até 2012 a incidência da doença foi crescente no Estado, tanto em número de pomares quanto de plantas, mas nos últimos três levantamentos (2015

a 2017) a incidência de plantas sintomáticas permaneceu estável e com valores de 16,7% e 17,9% de plantas sintomáticas. Considerando tanto informações oficiais da Secretaria de Agricultura de São Paulo quanto de produtores, pode-se dizer que mais de 40 milhões de plantas foram eliminados em razão do HLB desde sua primeira detecção em 2004 (Belasque et al. 2010a; Neves et al. 2010; Maschio 2011; Fundecitrus 2017b) .

O período de incubação dessa doença, ou seja, o período de tempo entre a infecção e o aparecimento dos sintomas, varia de seis a mais de doze meses (Bové 2006). A oviposição de *D. citri* ocorre preferencialmente em folhas recém-brotadas e a eclosão das ninfas ocorre entre 2,6 a 7,7 dias após. Os adultos de *D. citri* sobrevivem por aproximadamente dois a três meses (Nava et al. 2007; Parra et al. 2010). Para a bactéria ser transmitida por *D. citri* há necessidade de um período de aquisição, que ocorre quando adultos e ninfas se alimentam em plantas infectadas; um período de latência, que no adulto corresponde ao período necessário para que a bactéria se instale na glândula salivar e possa se reproduzir; e um período de acesso a plantas saudáveis, quando o inseto irá inocular a bactéria durante sua alimentação (Grafton-Cardwell et al. 2013). Os períodos de latência na literatura são bastante contrastantes, variando de 24 horas (Buitendag & Broembsen 1993) até 21 dias (Capoor et al. 1974). A aquisição de '*Ca. Liberibacter*' por *D. citri* ocorre tanto por ninfas como por adultos, mas a aquisição por ninfas é mais eficiente (Pelz-Stelinski et al. 2010). A bactéria pode permanecer em multiplicação no vetor até o final da vida dos adultos. A flutuação populacional de *D. citri* é influenciada, principalmente, pela presença de fluxos de brotações, temperatura e umidade relativa do ar (Hall et al. 2008).

2.3. Sintomas do HLB

O início de uma epidemia de HLB é caracterizado pela presença de um ou poucos ramos com folhas amareladas, geralmente em poucas plantas no pomar. As folhas destes ramos ficam com aspecto de "mosqueado", perdem parte da sua coloração verde, apresentando-se parcialmente amarelas e verdes, sem uma delimitação clara entre essas cores. As folhas de ramos sintomáticos podem apresentar-se curvadas, de tamanho reduzido, com nervuras mais grossas e escurecidas. Ramos com sintomas há vários meses apresentam desfolha. Os frutos de ramos sintomáticos podem apresentar-se de tamanho

reduzido, assimétricos, incompletamente maduros e com sementes abortadas. A queda de frutos em ramos sintomáticos é bastante comum. As plantas com o passar do tempo ficam improdutivas em razão da desfolha, morte de ponteiros e queda de frutos (Bové 2006).

2.4. Aspectos epidemiológicos do HLB

A disseminação dessa doença entre plantas e pomares cítricos ocorre por dois tipos de eventos: i) a disseminação primária (ou aloinfecção), caracterizada pela aquisição do patógeno por ninfas ou adultos de *D. citri* fora da área considerada (de trabalho ou estudo) e sua introdução por adultos infectivos do vetor; e ii) a disseminação secundária (ou autoinfecção), caracterizada pela aquisição do patógeno por ninfas ou adultos do vetor e sua transmissão para plantas presentes na mesma área (Bassanezi et al. 2010; 2013a,b; Gottwald et al. 2007). A disseminação primária é a forma mais danosa de propagação da doença em áreas mantidas com controle do vetor. Isso ocorre em razão das medidas de controle da doença e do vetor, adotadas em uma área qualquer, não impedirem a aquisição do patógeno por *D. citri* em áreas externas e a introdução do mesmo nessa área mantida “sob” controle, como demonstrado por Bassanezi et al. (2013a,b). Bergamin Filho et al. (2016) usam epidemias de HLB como exemplos para uma nova categoria epidemiológica de doenças de plantas. Essa nova categoria, na qual se insere o HLB e algumas doenças de etiologia viral com disseminação por vetor alado, caracteriza-se por doenças policíclicas, mas com disseminação primária contínua. Nesse caso o inóculo primário não é responsável apenas pelo início da epidemia, mas ocorre durante todo o ciclo da cultura.

Não há controle curativo para o HLB em citros. Assim, o controle efetivo da doença exige que as fontes de inóculo do patógeno sejam regularmente eliminadas (Bassanezi et al., 2013a,b; Belasque et al. 2010b; Bové 2006). Essas fontes de inóculo são: i) adultos ou ninfas de *D. citri* portadores de ‘*Ca. Liberibacter*’; e ii) plantas infectadas com HLB. A redução ou eliminação dessas fontes de inóculo exige o emprego de inseticidas e de inspeções para detecção e eliminação de plantas com sintomas da doença. Outro componente para o manejo do HLB é o plantio de mudas livres da doença (Gottwald et al. 2007). Em média 48% das plantas sintomáticas não são detectadas após uma inspeção e a probabilidade de todas as plantas sintomáticas serem detectadas em apenas uma inspeção é de aproximadamente

29% (Belasque et al. 2009; 2010a). Como consequência, a eliminação de plantas doentes é uma atividade que deve ser utilizada com frequência pelo produtor, objetivando detectar plantas recém sintomáticas e outras que já apresentavam os sintomas, mas que não foram detectadas nas inspeções anteriores. Pomares cítricos, ou mesmo plantas cítricas isoladas, podem atuar como fontes de inóculo se mantidas com o patógeno e o inseto vetor próximas de pomares com o controle regular dessa doença (Boina et al. 2009; Tiwari et al. 2010; Ferreira 2014). Por essa razão, as ações de controle do HLB são mais efetivas quando adotadas em escala regional (Bassanezi et al. 2010; 2013a,b; Gottwald et al. 2010).

Apesar do conhecimento técnico-científico da necessidade de se eliminar as fontes de inóculo de '*Ca. Liberibacter*' para a manutenção econômica de pomares, desde a detecção do HLB em São Paulo em 2004, observou-se um rápido crescimento da doença em todo Estado (Belasque et al. 2010a). Portanto, tem-se no parque citrícola paulista uma epidemia de HLB. As razões dessa rápida expansão da doença foram identificadas por Maschio (2011) e Bassanezi et al. (2013a,b). Maschio (2011), por exemplo, verificou que em apenas 63% das propriedades citrícolas do Estado eram realizadas inspeções para detecção de plantas com sintomas da doença, e que em apenas 44% delas as plantas detectadas eram erradicadas. Já Bassanezi et al. (2013a,b) demonstraram a necessidade do controle regional do HLB para o controle efetivo dessa doença, prática essa difícil de ser extensivamente aplicada pelos produtores. Apesar dos últimos três levantamentos amostrais do HLB, realizados pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), revelarem a manutenção da incidência de plantas sintomáticas em aproximadamente 17%, pode-se sim afirmar que o HLB continua progredindo no Estado. Áreas recém plantadas invariavelmente mostram-se com plantas sintomáticas após dois a três anos de implantação e áreas já formadas continuam a apresentar mais e mais plantas sintomáticas ao longo do tempo, independentemente das práticas de manejo adotadas pelo citricultor.

Análises da distribuição espacial de plantas com HLB demonstraram a ocorrência do denominado "efeito de borda", no qual maiores incidências são frequentes na periferia dos pomares (Boina et al. 2009; Gottwald 2010). Como discutido por Gottwald (2010), o efeito de borda indica que a maioria dos indivíduos migrantes do inseto vetor pousa (e se alimenta) nas plantas localizadas mais externamente nos pomares sob infestação. Monteiro (2013) verificou em pomares localizados em São Paulo, com frequente aplicação de inseticidas, a concentração de plantas sintomáticas nos primeiros 50 metros de borda.

2.5. Monitoramento de *Diaphorina citri*

O monitoramento do vetor é fundamental para o manejo do HLB. Armadilhas adesivas amarelas são utilizadas para monitorar a flutuação populacional de *D. citri* (Flores et al. 2009; Hall et al. 2007; 2010). Hall & Hentz (2010) monitoraram populações de *D. citri* em pomares na Flórida e observaram em média 3,9 adultos/armadilha. Os valores extremos observados nesse estudo foram 0,7 e 10,0 adultos/armadilha. Os autores observaram distribuições agregadas de plantas com insetos dentro de “clusters” de plantas e entre “clusters” de plantas amostradas. Segundo esses autores, estimativas precisas para médias de 1,0 a 1,5 adulto/armadilha exigem pelo menos 28 armadilhas numa área de até quatro hectares.

As ninfas de *D. citri* são mais efetivas em adquirir os patógenos associados ao HLB que a forma adulta desse inseto, e tanto as taxas de aquisição quanto de transmissão são maiores para adultos provenientes de ninfas desenvolvidas em ramos infectados (Xu et al. 1988). Pelz-Stelinski et al. (2010) relataram entre 4% e 10% a proporção de indivíduos de *D. citri* coletados na Flórida como portadores de ‘*Ca. Liberibacter*’. No trabalho de Ferreira (2014), desenvolvido nas mesmas áreas do presente estudo, foram detectadas médias de 0,02 a 0,21 adultos de *D. citri*/armadilha, nas áreas com e sem controle do HLB e seu vetor, respectivamente. Nesse mesmo estudo, a proporção de adultos portando ‘*Ca. Liberibacter*’ variou de 21% a 29% dos adultos coletados em armadilhas adesivas, em áreas com e sem manejo, respectivamente, mas chegou a atingir 71,4% para adultos coletados de plantas sintomáticas em áreas sem qualquer controle do HLB. Nas mesmas áreas avaliadas por Ferreira (2014), Chinelato (2015) posteriormente observou média de 0,01 adulto/armadilha para áreas com controle do HLB e do vetor e 0,30 para áreas sem controle. Boina et al. (2009) constataram maior captura de *D. citri* em armadilhas na borda de áreas na Flórida, como também observado por Ferreira (2014), Chinelato (2015) e Sétamou et al. (2015).

Além do monitoramento do inseto vetor por armadilhas adesivas amarelas, também há a avaliação visual de ramos de árvores cítricas quanto à presença de ovos, ninfas e adultos de *D. citri* (Hall et al. 2008; Sétamou et al. 2015;). Hall et al. (2008) observaram média de 9,8 *D. citri*/armadilha/semana e 0,05 *D. citri*/par de folhas maduras, em pomares

de plantas adultas. No trabalho de Sétamou et al. (2015) a média foi de 2 adultos/ramo, 1 ovo/ramo e 10 ninfas/ramo em árvores no perímetro da área amostrada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Áreas de estudo

Os dados de campo foram obtidos em áreas comerciais e não comerciais de citros localizadas no Município de Anhembi, São Paulo (Figura 1). Essas mesmas áreas foram avaliadas anteriormente por Ferreira (2014) e Chinelato (2015). Os dados aqui apresentados referem-se a todo o período de avaliações (2012 a 2016). Dentre as cinco propriedades avaliadas em Anhembi, três são destinadas a produção comercial de cítricos. As outras duas são caracterizadas pela presença de plantas cítricas sem qualquer manejo da doença e do vetor. Uma das propriedades comerciais adota um manejo rigoroso do HLB (≥ 4 erradicações de plantas/ano) e do vetor (≥ 24 pulverizações/ano), portanto, foi denominada no presente trabalho como Propriedade Referência (PR). Na PR há lotes de plantas cítricas próximas de áreas externas mantidas com diferentes manejos do HLB/vetor ou até mesmo sem manejo. Neste estudo foram utilizados sete lotes da PR, de um total de 34 lotes, numerados 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34 (Tabela 1). As duas propriedades imediatamente vizinhas à PR foram denominadas de Propriedade 1 (P1) e Propriedade 3 (P3). Na P1 as plantas com HLB não são eliminadas e o controle do vetor é menos frequente que o adotado na PR (< 10 pulverizações/ano), enquanto na Propriedade 3 (P3) o manejo é rigoroso para o vetor, similar à PR, mas parte das plantas doentes foram eliminadas até alguns anos atrás e essa estratégia de controle não foi mais adotada. As áreas não comerciais são denominadas de Quintal e Propriedade 2. Na área residencial (Quintal) as plantas cítricas, em número aproximado de 100 plantas, não recebem pulverizações com inseticidas e, quando sintomáticas, as plantas não são eliminadas. As plantas cítricas da Propriedade 2 (P2), em número de aproximadamente 12.000, todas com sintomas de HLB, foram eliminadas em agosto de 2013 e não recebiam pulverizações para controle do vetor.

Figura 1. Áreas de produção de citros localizadas em Anhembi, São Paulo, ilustrando o posicionando das propriedades que compõem o presente estudo: lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34 da PR e as demais áreas P1, P2, P3 e Quintal. Imagem do Google Earth.

Tabela 1. Dados de espaçamento, variedade, área e número de plantas nos lotes da PR.

Lote	Data de plantio	Espaçamento entre		Copa	Porta-enxerto	Hectares	Número de plantas
		ruas (m)	plantas (m)				
4	01/2005	6,5	4,1	Natal	Vários	11,97	4.492
5	04/2005	6,5	3,2	Natal	Volkameriano	13,89	6.678
25	07/2005	7,0	3,2	Hamlin	Cravo	29,60	13.214
31	07/2005	6,8	3,3	Hamlin	Cravo	23,32	10.392
32	07/2005	6,5	3,3	Hamlin	Swingle	11,90	5.548
33	10/2010	6,5	2,0	Pera	Sunki	20,60	15.846
34	10/2010	6,5	2,0	Pera	Sunki	23,38	17.985

3.2. Monitoramento de *Diaphorina citri*

A população de *D. citri* foi monitorada pela captura de adultos em armadilhas adesivas amarelas (ISCA Tecnologias, Ijuí/RS), com dimensões de 10 x 30 cm, fixadas na planta cítrica ou em uma haste de bambu no terço superior da planta (Figura 2). Essas armadilhas foram trocadas a cada quinze ou vinte e um dias. O monitoramento com armadilhas ocorreu de outubro de 2012 a dezembro de 2016. No início do estudo as armadilhas na PR eram fixadas no terço superior das plantas, mas em janeiro de 2016 as

armadilhas foram colocadas em hastes de bambus para que ficassem na altura do terço superior das plantas. Nessa mesma data algumas das armadilhas foram relocaladas para uma melhor distribuição das mesmas nos lotes. Na P1, P2, P3 e Quintal as armadilhas foram fixadas no terço superior das plantas. As posições das armadilhas na PR foram georeferenciadas com o aparelho Geo 5T handheld (Trimble) e a distância das armadilhas até a borda do lote foi determinado com o aplicativo que acompanha o aparelho (Pathfinder Office). As armadilhas coletadas no campo foram levadas para o Laboratório de Bacteriologia, na ESALQ/USP, onde os adultos de *D. citri* foram identificados, retirados e colocados em tubos plásticos de 1,5 mL com álcool 70%. Esses insetos foram levados para o Laboratório de Pesquisa e Diagnóstico do Fundecitrus para detecção de '*Ca. Liberibacter asiaticus*' e '*Ca. Liberibacter americanus*' por RT-qPCR (Teixeira et al. 2005). O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) foi utilizado na comparação das médias adultos/armadilha, porcentagem de adultos detectados com '*Ca. Liberibacter*', média de adultos bacterilíferos/armadilha e área abaixo da curva da média acumulada de adultos/armadilha das áreas PR, P1, P3 e Quintal. Para o cálculo da área abaixo da curva da média acumulada de adultos/armadilha foram utilizados os dados de dezembro de 2012 a dezembro de 2016. Nessas análises foi utilizado o aplicativo Statistica 12.0 (Stasoft, Tulsa, OK, EUA).

Figura 2. Imagem ilustrando a posição de uma armadilha adesiva amarela colocada em haste de bambu e posicionada no terço superior de uma planta cítrica.

Na PR foram instalados de 69 a 80 pontos com armadilhas adesivas nos sete lotes. O número de pontos/lote variou ao longo do tempo em razão da realocação de pontos com armadilhas. O número de pontos foi de 4 a 9 (lote 4), 9 a 12 (lote 5), 12 (lotes 25, 31 e 33, cada), 8 a 12 (lote 32) e de 12 a 14 (lote 34). As armadilhas foram distribuídas em pontos localizados nas bordas e no interior dos lotes em forma de “grid”. Em cada área vizinha, P1, P2 e P3, foram instalados dez pontos com armadilhas adesivas. No Quintal as armadilhas ficaram em seis plantas até junho de 2014. Nessa data, nove plantas localizadas em outra residência passaram a abrigar as armadilhas e as seis plantas utilizadas até então não foram mais amostradas.

Além das armadilhas utilizadas no presente estudo, todos os lotes da PR eram monitorados com pelo menos um ponto com armadilha para detecção do vetor. Essas armadilhas utilizadas pela PR eram colocadas somente nas bordas de cada lote, trocadas semanalmente e avaliadas por funcionários da propriedade. Os dados de captura de adultos de *D. citri* nessas armadilhas foram fornecidos pela PR para comparação com os pontos de captura localizados nos lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34. A PR também monitora o vetor pela amostragem de três ramos/planta em 1,0% das plantas de cada lote para detecção de ovos, ninfas e adultos de *D. citri*. Essas avaliações foram realizadas por funcionários da propriedade de duas a cinco vezes/mês.

3.3. Erradicações de plantas sintomáticas e pulverizações com inseticidas para o controle do vetor na PR

A PR realizou, entre 2012 e 2016, 3 a 14 inspeções periódicas anuais, em cada lote, para detecção de sintomas de HLB. Em cada inspeção todas as plantas do lote eram observadas quanto à presença de sintomas e erradicadas caso os mesmos estivessem presentes. A eliminação dessas plantas ocorria, geralmente, na mesma semana da detecção das plantas sintomáticas. Os dados de erradicação de plantas foram fornecidos pela PR para o presente estudo. Com o objetivo de se avaliar as distâncias entre plantas erradicadas e dessas plantas até a borda dos lotes, as posições de plantas erradicadas foram determinadas com o aparelho Geo 5T handheld (Trimble). Esse georeferenciamento foi realizado ao menos uma vez em cada um dos sete lotes do estudo e ocorreu imediatamente após a erradicação

das plantas. As pulverizações com inseticidas foram realizadas frequentemente na PR para o controle do vetor. Para melhor compreensão, a forma de aplicação desses inseticidas, seus grupos químicos e o número de pulverizações por lote são apresentados nas Tabelas 2 e 3. As aplicações eram realizadas com uma frequência pré-determinada, quinzenal ou mensal, mas aplicações adicionais foram feitas quando da detecção do vetor. Na PR nos anos de 2007, 2011, 2012, 2015 e 2016 ocorreram 2, 7, 12, 5 e 4 pulverizações aéreas, respectivamente. Nos anos 2011 e 2012 foram realizadas 16 e 29 pulverizações, respectivamente, de bordadura em todos os lotes da fazenda. Essas pulverizações foram realizadas apenas nesses anos.

Tabela 2. Ingredientes ativos e forma de aplicação dos inseticidas utilizados para o controle de *Diaphorina citri* nos lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34.

Operação	Ingrediente ativo
Aérea	Thiametoxam 250 g/kg WG
	Bifentrina 100 g/L CE
	Imidaclopride 200 g/L SC
	Lambda-cialotrina 250 g/L CE
Foliar com equipamento tratorizado nas plantas das bordas	Beta-ciflutrina 50 g/L CE
	Clorprifós 480 g/L CE
	Dimetoato 400 g/L CE
	Fenpropatrin 300 g/L CE
	Imidaclopride 200 g/L SC
	Lambda-cialotrina 250 g/L CE
Granuladeira	Piriproxi-fem 100 g/L CE
	Thiametoxam 250 g/kg WG
Foliar com equipamento tratorizado em área total	Imidaclopride 200 g/L SC
	Acefato 750 g /kg PS
	Beta-ciflutrina 50 g/L CE
	Bifentrina 100 g/L CE
	Clorprifós 480 g/L CE
	Deltametrina 25 g /L CE
	Dimetoato 400 g/L CE
	Fenpropatrin 300 g/L CE
	Imidaclopride 200 g/L SC
	Imidaclopride 700 g /kg WG
	Lambda-cialotrina 250 g/L CE
	Malationa 1000 g /L CE
	Metidationa 400 g/L CE
	Piriproxi-fem 100 g/L CE
	Etofenproxi 100 g/L SC

Tabela 3. Número e tipo de pulverizações anuais com inseticidas, em área total com equipamento tratorizado, para o controle de *Diaphorina citri* nos lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34.

Operação	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Lote 4											
Granuladeira	1	3	4	1							
Foliar	6	15	19	17	22	28	19	30	34	24	21
Lote 5											
Granuladeira	3	3	4	1							
Foliar	7	15	20	15	23	27	22	31	33	22	23
Lote 25											
Granuladeira	2	3	3	2							
Foliar	5	12	17	17	23	27	21	30	34	26	24
Lote 31											
Granuladeira	2	3	3	2							
Foliar	3	14	19	16	22	22	21	28	33	29	27
Lote 32											
Granuladeira	2	3	3	2							
Foliar	4	14	18	19	21	26	21	31	34	29	25
Lote 33											
Granuladeira						2	2				
Foliar					5	29	37	36	31	29	27
Lote 34											
Granuladeira						2	2				
Foliar					5	28	35	36	35	32	27

3.4. Ajustes de modelos de gradientes de doença

Modelos de gradiente de doença foram testados por regressão não linear para dois conjuntos de dados. O primeiro deles correspondeu à proporção de plantas erradicadas e suas distâncias da borda mais próxima e o segundo conjunto correspondeu à proporção de plantas erradicadas e suas distâncias da planta erradicada mais próxima. As frequências de plantas erradicadas em cada classe de distância (coordenada x) foram utilizadas para o cálculo da proporção de plantas (coordenada y) considerando todas as plantas erradicadas no lote. As regressões não lineares foram realizadas com o aplicativo Statistica 12.0 (Stasoft, Tulsa, OK, EUA) e os modelos de gradiente testados foram os descritos por Esker et al. (2007). Os modelos foram:

1. $y = a * \text{Exp}(-b * x)$
2. $y = 1 - (a * \text{Exp}(b * x))$
3. $y = 1 - (a * (x^b))$
4. $y = 1 / (1 + (a * (x^b)))$
5. $y = a * x^(-b)$

Nos quais:

y= Proporção de plantas erradicadas

x= Classe de distância das plantas erradicadas

3.5. Determinação do número de armadilhas a ser adotado numa área considerando a precisão da média de adultos/armadilha

A relação entre o número de armadilhas e a média de *D. citri*/armadilha foi determinada considerando uma variação de 25% no erro padrão da média, conforme metodologia adotada por Hall & Hentz (2010). Foram utilizados todos os dados de captura de adultos nos sete lotes da PR e também dados das áreas P1, P2, P3 e Quintal, excluindo-se as datas nas quais não foram capturados adultos nas armadilhas. Com isso, foi determinado o número ideal de armadilhas necessárias para uma quantificação precisa da densidade populacional do vetor. O número de armadilhas foi calculado com:

$$y = (s / (0,25 * x))^2,$$

Na qual:

y=Número de armadilhas

s=Desvio padrão

x=Média de adultos/armadilha

Os dados foram analisados empregando-se o aplicativo Statistica 12.0 (Stasoft, Tulsa, OK, EUA). Os mesmos modelos de gradiente de doença descritos no item anterior (Esker et al., 2007) e o modelo descrito por Hall & Hentz (2010) (número 6 abaixo) foram

testados na relação entre a média de adultos/armadilha (eixo x) e o número de armadilhas (eixo y) para conjuntos de lotes da PR e para conjuntos de dados combinando-se as áreas PR, P1, P2, P3 e Quintal.

$$6. y=(a*b)/(b+x)$$

3.6. Dinâmica temporal

A dinâmica temporal de plantas erradicadas com sintomas de HLB foi determinada para cada um dos sete lotes da PR. Dados acumulados da proporção de plantas erradicadas em cada ano com HLB (y) foram utilizados para se determinar o ajuste dos modelos de Gompertz e Logístico por regressão não linear empregando-se o aplicativo Statistica 12.0 (Stasoft, Tulsa, OK, EUA). Também foi determinada a área abaixo da curva padronizada no tempo (AUDPC*) para os sete lotes da PR com os dados de proporção de plantas com HLB de 2007 (ou 2012) a 2016. Os modelos testados foram os com três parâmetros descritos por Madden et al. (2007):

$$\text{Gompertz: } y = b_1 * (\exp(-(-\log(b_2/b_1)) * \exp(-b_3 * x)))$$

$$\text{Logístico: } y = b_1 / (1 + ((b_1/b_2) - 1) * \exp(-b_3 * x))$$

Nos quais:

y=Proporção de plantas erradicadas no tempo x

x=Tempo (anos)

b1=Estimativa da assíntota máxima

b2=Parâmetro relativo ao inóculo inicial

b3=Taxa de progresso da doença

4. RESULTADOS

4.1. Flutuação populacional de *Diaphorina citri*

Em todo o período avaliado (outubro de 2012 a dezembro de 2016) 0, 5, 24, 14, 14, 5 e 7 adultos de *D. citri* foram capturados em armadilhas nos lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34 da PR, respectivamente (Figura 3). Nas áreas P1, P2, P3 e Quintal os totais de adultos capturados foram 29, 44, 5 e 987, respectivamente (Figura 4). Áreas que não realizavam o controle químico do vetor (P2 erradicado em julho de 2013 e Quintal) tiveram altas capturas de adultos de *D. citri* quando comparadas com as demais áreas. No Quintal houve aumento da captura de insetos a partir de junho de 2014, quando as armadilhas foram realocadas para outras plantas.

Os lotes da PR apresentaram frequências de pulverizações com inseticidas bastante similares entre si, no entanto, isso não impediu que os lotes 25, 31 e 32 apresentassem maiores médias de adulto/armadilha (0,033; 0,016 e 0,023, respectivamente) que os lotes 4, 5, 33 e 34 (Figuras 3 e 4). Os lotes 5, 33 e 34 apresentaram 0,006, 0,006 e 0,007 *D. citri*/armadilha em todo período, respectivamente. No lote 4 não foram detectados adultos de *D. citri*. As áreas P1 e P3, vizinhas dos lotes 4, 5, 33 e 34 apresentaram médias de 0,055 e 0,003 adulto/armadilha, respectivamente. Nas áreas P2 e Quintal as médias foram de 0,200 e 1,316 *D. citri*/armadilha, respectivamente. As proporções de *D. citri* bacterilíferos foram de 35%, 26%, 18%, 33% e 72% do total de adultos analisados originários na PR, P1, P2, P3 e Quintal, respectivamente (Figura 5 e Tabela 4). Todos adultos analisados foram detectados exclusivamente com '*Ca. Liberibacter asiaticus*'.

As áreas com controle químico do vetor (PR, P1 e P3) não diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) da área sem controle químico (Quintal) na comparação das médias de adultos/armadilha (0,019 vs. 1,316, respectivamente), na comparação das médias de adultos bacterilíferos/armadilha (0,006 vs. 0,948, respectivamente), na proporção de adultos com '*Ca. Liberibacter asiaticus*' das áreas com controle químico (27,5%) e sem controle químico (72,0%) e para a área abaixo da curva da média acumulada de adultos/armadilha (AAC) das áreas com controle (0,624) e sem controle (39,512) (Figura 6 e Tabela 4).

Figura 3. Médias de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas adesivas amarelas nos lotes 5, 25, 31, 32, 33 e 34 (outubro/2012 a dezembro/2016).

As médias de adultos/armadilha dos lotes da PR e também das demais áreas P1, P2, P3 e Quintal foram comparadas entre si quanto a existência de diferenças significativas para o total de adultos/armadilha, adultos bacterilíferos/armadilha e porcentagem de adultos bacterilíferos. Na primeira comparação, as médias de detecção de adultos em cada data de avaliação foram utilizadas para o cálculo das médias de adultos/armadilha para cada um dos lotes da PR (5, 25, 31, 32, 33 e 34) e para as áreas P1 e P3. Essas oito médias, cujos valores foram 0,0022, 0,0320, 0,0148, 0,0214, 0,0025, 0,0074, 0,0390 e 0,0053, respectivamente, não diferiram estatisticamente entre si. Na segunda comparação, os lotes da PR foram agrupados em dois conjuntos, considerando suas proximidades das áreas vizinhas à propriedade e também suas médias de adultos/armadilha. Nesse sentido um conjunto continha os lotes 25, 31 e 32 e outro os lotes 5, 33 e 34. Para essa comparação foram

utilizadas as médias apresentadas na Tabela 4. O conjunto formado pelos lotes 25, 31 e 32 diferiu estatisticamente do conjunto formado pelos lotes 5, 33 e 34 quanto à média de adultos/armadilha (0,024 vs. 0,006, respectivamente), a média de adultos com '*Ca. Liberibacter asiaticus*'/armadilha (0,010 vs. 0,001, respectivamente) e a AAC (0,783 vs. 0,171, respectivamente) e não ocorreu diferença para a proporção de adultos bacterilíferos (38,7% vs. 15,0%, respectivamente). Na terceira comparação, esses seis lotes da PR formaram uma única média e foram comparados com o conjunto dos valores referentes as áreas vizinhas P1 e P3. Não ocorreram diferenças estatísticas entre esses conjuntos quanto à média de *D. citri*/armadilha (0,015 vs. 0,030, respectivamente), para proporção de adultos com '*Ca. Liberibacter asiaticus*' (26,8% vs. 29,5%, respectivamente), para a média de adultos bacterilíferos/armadilha (0,005 vs. 0,008, respectivamente) e para a AAC (0,477 vs. 1,065, respectivamente).

Figura 4. Médias de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas adesivas amarelas nas áreas P1, P2, P3 e Quintal (outubro/2012 a dezembro/2016).

Figura 5. Média do número de adultos de *Diaphorina citri* detectados em armadilhas adesivas amarelas (colunas em cor branca) e média de adultos com '*Ca. Liberibacter asiaticus*' (colunas em cor preta) nos lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34 da PR e nas áreas P1, P2 e P3 (A) e nas áreas PR, P1, P2, P3 e Quintal (B) localizadas em Anhembi, São Paulo.

As médias acumuladas de *D. citri*/armadilha foram de 0,42; 2,19; 1,20; 1,89; 0,43 e 0,63 nos lotes 5, 25, 31, 32, 33 e 34, respectivamente (Figura 7). Para as áreas P1, P2, P3 e

Quintal os valores foram de 2,90; 4,40; 0,50 e 115,21 adultos/armadilha, respectivamente. Como já descrito, os lotes 25, 31 e 32 da PR foram os que apresentaram as maiores capturas de *D. citri* nas armadilhas. Nas avaliações realizadas pelos funcionários da PR não foram encontrados adultos em armadilhas nos lotes 4, 5 e 33 no período de julho de 2012 a outubro de 2016. A partir desses dados fornecidos pela PR foram calculadas as médias trimestrais de *D. citri*/armadilha (Figura 8). Esses valores foram de 0,049; 0,018; 0,020 e 0,007 para os lotes 25, 31, 32 e 34, respectivamente, os quais foram similares aos observados com as várias armadilhas utilizadas nas avaliações do presente estudo. Observou-se também que nas avaliações realizadas pela PR nos lotes 25, 31 e 32 as frequências e médias de detecção de adultos foram superiores às dos lotes 4, 5, 33 e 34. Nas avaliações de ramos, para detecção de ovos, ninfas e adultos, ocorreram detecções em apenas duas ocasiões, uma no lote 31 e outra no 32, em 0,7% e 2,3% dos ramos avaliados, respectivamente.

Figura 6. Média do número de adultos de *Diaphorina citri* detectados em armadilhas adesivas amarelas (colunas em cor branca) e média de adultos com '*Ca. Liberibacter asiaticus*' (colunas em cor preta) em áreas com controle químico do vetor (PR, P1 e P3) e sem controle (Quintal e P2), no período de outubro de 2012 a dezembro de 2016.

Tabela 4. Lotes e áreas avaliadas quanto à detecção de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas adesivas amarelas em Anhembi, São Paulo.

Lote /propriedade	armadilhas	Número de ¹ adultos			% adultos positivos	Média de adultos /armadilha		AAC ²
		detectados	analisados	positivos		total	bacterilíferos	
5	877	5	5	0	00	0,0057	0,0000	0,156
25	726	24	23	11	48	0,0331	0,0159	1,171
31	861	14	14	6	43	0,0163	0,0071	0,651
32	608	14	12	3	25	0,0230	0,0058	0,526
33	914	5	4	1	25	0,0055	0,0001	0,082
34	968	7	5	1	20	0,0072	0,0002	0,274
PR	4.954	69	63	22	35	0,0139	0,0048	-
P1	531	29	27	7	26	0,0546	0,0142	1,903
P2	220	44	44	8	18	0,2000	0,0360	-
P3	887	3	3	1	33	0,0034	0,0011	0,228
Quintal	750	987	943	681	72	1,3160	0,9476	39,512

1. Indica o número total de armadilhas avaliadas em cada lote e área de outubro de 2012 a dezembro de 2016 e os números adultos de *D. citri* detectados em armadilhas, analisados por RT-qPCR e positivos quanto à presença de '*Ca. Liberibacter asiaticus*'.

2. Refere-se à área abaixo da curva da média acumulada de adultos/armadilha.

Figura 7. Médias acumuladas de *Diaphorina citri*/armadilha, de outubro de 2012 a dezembro de 2016, nos lotes 5, 25, 31, 32, 33 e 34 (A), nas áreas P1, P2 e P3 (B) e nas áreas P1, P2, P3 e Quintal (C).

Figura 8. Médias trimestrais de adultos de *Diaphorina citri*/armadilha determinadas a partir dos dados fornecidos pela PR dos lotes 25, 31, 32 e 34 (de julho de 2012 a outubro de 2016).

4.2. Dispersão espacial de *Diaphorina citri* e de plantas com HLB

Mais adultos de *D. citri* foram detectados em armadilhas adesivas amarelas localizadas nas bordas dos lotes da PR em comparação às armadilhas localizadas no interior dos lotes (Figura 9). Dos cinco adultos detectados no lote 5, quatro deles estavam em armadilhas na borda (80%), o mesmo foi observado para o lote 33. Para o lote 25, dos 24 adultos encontrados nas armadilhas, 96% foram detectados nas armadilhas de borda. No lote 34, dos sete adultos, apenas um foi detectado em uma armadilha interna. No lote 31, dos 14 adultos capturados em armadilhas adesivas, 93% estavam em pontos na borda. No lote 32 e na área P3 todos os adultos capturados foram em armadilhas posicionadas na borda. Nas demais áreas vizinhas da PR (P1 e P2), a maioria dos adultos também estava em armadilhas posicionadas nas bordas. No entanto, não ocorreu diferença estatística entre as médias de adultos de *D. citri*/armadilha posicionadas internamente e externamente (médias 0,0027 e 0,0181, respectivamente) considerando todos os dados dos lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34.

Figura 9. Posição relativa das armadilhas adesivas amarelas nos lotes 5, 25, 31, 32, 33 e 34 na PR (cinza escuro). O tamanho dos círculos de cor cinza claro indica a média de adultos de *Diaphorina citri*/armadilha capturados de outubro de 2012 a dezembro de 2016. São apresentadas na figura a menor e a maior média de adulto/armadilha de cada lote.

As distâncias mínimas e máximas das plantas erradicadas até a borda mais próxima do lote variaram de 0 a 256 metros, considerando as plantas detectadas com HLB em apenas uma inspeção nos lotes 4, 25, 31, 32, 33 e 34 da PR. Oito avaliações foram realizadas nesses seis lotes e oitenta por cento das plantas erradicadas estavam distantes até a borda mais próxima até 80 a 160 metros (Figura 10). A classe de distância mais frequente foi a de 0 a 20 metros, indicando que as plantas erradicadas com HLB concentravam-se próximas a borda dos lotes. As proporções de plantas erradicadas, que estavam até 20 metros da borda, variaram de 27% a 41% do total de plantas erradicadas em cada lote. Nos lotes 4, 5, 33 e 34 todas as plantas erradicadas até março de 2015 (lotes 4 e 5) e outubro de 2014 (lotes 33 e 34) foram também georeferenciadas. Nessas avaliações foram observadas distâncias de 0 a 189 metros (Figura 11). Nos lotes 4, 5, 33 e 34, 80% das plantas erradicadas estavam até 80, 100, 112 e 94 metros da borda, respectivamente. A maior frequência também ocorreu para a classe de 0 a 20 metros, a qual apresentava entre 22% e 31% do total de plantas erradicadas nesses lotes.

Todos os modelos de gradiente de doença (números 1 a 5) se ajustaram, pelo menos para alguns lotes e datas, aos dados de distâncias de plantas erradicadas até a borda considerando uma ou mais inspeções (Tabelas 5 a 7). No entanto, os modelos 1 e 3 se ajustaram adequadamente a maioria dos lotes e datas e por essa razão serão os modelos aqui considerados como os que melhor descrevem o gradiente de plantas com HLB nas áreas estudadas. Para o modelo 1 os valores do parâmetro “a” variaram de 0,30 a 1,25 e do parâmetro “b” de 0,01 a 0,02, enquanto para o modelo 3 os valores foram de 0,36 a 0,57 (parâmetro “a”) e 0,09 a 0,20 (parâmetro “b”) (Tabelas 5 a 7).

As distâncias entre as plantas erradicadas nos lotes 4, 25, 31, 32, 33 e 34, variaram até 200 metros quando os dados de apenas uma inspeção foram utilizados. No entanto, as classes de distâncias mais frequentes foram de 0 a 20 metros, >20 a 40 metros e >40 a 60 metros (Figura 12). Considerando a porcentagem acumulada das distâncias entre as plantas, 80% delas estavam distantes até 28,0 a 90,7 metros. Para os dados de todas as plantas erradicadas até outubro de 2014 (lotes 33 e 34) e março de 2015 (lotes 4 e 5), as distâncias variaram até 130 metros, com classes mais frequentes ≤ 5 metros, >5 a 10 metros, >20 a 25 metros e >35 a 40 metros (Figura 13). Para esses dados de distâncias entre plantas erradicadas, nenhum dos modelos de gradiente de doença testados (números 1 a 5) se ajustou à maioria das combinações de lotes e datas avaliados (Tabelas 8 a 10).

Figura 10. Distribuições de frequências das distâncias mínimas das plantas erradicadas até a borda. As colunas correspondem ao número de plantas em cada classe de distância e a linha corresponde à porcentagem acumulada de plantas erradicadas. A posição das plantas erradicadas foi determinada em 29/07/14 (lote 4), 15/07/14 e 10/10/14 (lote 25), 16/07/14 e 15/10/14 (lote 31), 14/10/14 (lote 32), 28/07/14 (lote 33) e 28/07/14 (lote 34). O sinal de “*” indica a segunda avaliação nos lotes 25 e 31.

Figura 11. Distribuições de frequências das distâncias mínimas de plantas erradicadas, após várias inspeções, até a borda. As colunas correspondem ao número de plantas em cada classe de distância e a linha corresponde à porcentagem acumulada de plantas erradicadas. A posição das plantas erradicadas foi determinada em 23/03/15, 31/03/15, 21/10/14 e 22/10/14, para os lotes 4, 5, 33 e 34, respectivamente, e correspondem a todas as plantas erradicadas nesses lotes até essas datas.

Tabela 5. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 5 aos dados referentes as distâncias mínimas das plantas erradicadas até a borda dos lotes 4 (29/07/14), 25 (15/07/14 e 10/10/14) e 31 (16/07/14).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
Lote 4	1	25,24 (0,001)	1,25 (0,507)	0,049	0,05 (0,016)	0,023	0,80 (+)
	2	6,77 (0,029)	0,72 (0,082)	<0,001	0,002 (0,001)	0,084	0,43 (±)
	3	12,35 (0,007)	0,38 (0,110)	0,014	0,19 (0,064)	0,025	0,64 (±)
	4	42,78 (<0,001)	0,005 (0,006)	0,440	1,85 (0,359)	0,002	0,88 (+)
	5	59,95 (<0,001)	33,77 (25,014)	0,226	1,43 (0,232)	<0,001	0,91 (+)
Lote 25	1	83,97 (<0,001)	0,44 (0,061)	<0,001	0,02 (0,003)	<0,001	0,88 (+)
	2	16,54 (<0,001)	0,82 (0,033)	<0,001	<0,001 (<0,001)	0,006	0,52 (+)
	3	44,57 (<0,001)	0,56 (0,048)	<0,001	0,10 (0,018)	<0,001	0,79 (±)
	4	239,00 (<0,001)	0,06 (0,019)	0,008	1,19 (0,085)	<0,001	0,96 (±)
	5	242,92 (<0,001)	6,39 (1,555)	0,002	1,00 (0,069)	<0,001	0,96 (+)
Lote 25	1	84,12 (<0,001)	0,34 (0,045)	<0,001	0,01 (0,002)	<0,001	0,87 (+)
	2	24,07 (<0,001)	0,82 (0,027)	<0,001	<0,001 (<0,001)	0,002	0,60 (±)
	3	66,98 (<0,001)	0,57 (0,039)	<0,001	0,09 (0,014)	<0,001	0,84 (+)
	4	205,66 (<0,001)	0,10 (0,032)	0,008	1,06 (0,083)	<0,001	0,94 (+)
	5	207,16 (<0,001)	4,42 (1,101)	0,002	0,91 (0,069)	<0,001	0,94 (+)
Lote 31	1	21,29 (0,007)	0,49 (0,143)	0,026	0,02 (0,007)	0,051	0,73 (+)
	2	17,25 (0,011)	0,66 (0,0643)	<0,001	0,003 (0,001)	0,048	0,67 (+)
	3	22,22 (0,007)	0,36 (0,097)	0,020	0,20 (0,063)	0,033	0,74 (+)
	4	23,25 (0,006)	0,07 (0,085)	0,456	1,08 (0,333)	0,032	0,75 (+)
	5	23,26 (0,006)	4,57 (4,066)	0,324	0,84 (0,257)	0,030	0,75 (+)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

Tabela 6. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 5 aos dados referentes as distâncias mínimas das plantas erradicadas até a borda dos lotes 31 (15/10/14), 32 (14/10/14), 33 (28/07/14) e 34 (28/07/14).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
Lote 31	1	44,98 (<0,001)	0,39 (0,074)	<0,001	0,02 (0,004)	0,003	0,83 (+)
	2	27,19 (<0,001)	0,74 (0,037)	<0,001	0,002 (<0,001)	0,004	0,73 (+)
	3	44,63 (<0,001)	0,46 (0,056)	<0,001	0,14 (0,027)	<0,001	0,83 (+)
	4	36,14 (<0,001)	0,10 (0,084)	0,258	1,02 (0,218)	0,002	0,79 (+)
	5	33,68 (<0,001)	3,80 (2,483)	0,169	0,83 (0,182)	0,002	0,78 (+)
Lote 32	1	126,90 (<0,001)	0,47 (0,054)	<0,001	0,02 (0,002)	<0,001	0,94 (+)
	2	48,26 (<0,001)	0,69 (0,034)	<0,001	0,003 (<0,001)	0,003	0,85 (+)
	3	113,24 (<0,001)	0,38 (0,039)	<0,001	0,19 (0,023)	<0,001	0,93 (+)
	4	60,41 (<0,001)	0,08 (0,051)	0,210	1,04 (0,189)	0,003	0,88 (+)
	5	50,01 (<0,001)	3,93 (2,250)	0,141	0,82 (0,162)	0,004	0,86 (+)
Lote 33	1	21,01 (0,001)	0,31 (0,082)	0,007	0,01 (0,004)	0,026	0,58 (+)
	2	15,99 (0,002)	0,79 (0,044)	<0,001	0,001 (<0,001)	0,044	0,47 (+)
	3	24,07 (<0,001)	0,55 (0,082)	<0,001	0,10 (0,032)	0,014	0,63 (+)
	4	36,25 (<0,001)	0,15 (0,119)	0,244	0,94 (0,208)	0,003	0,74 (+)
	5	40,10 (<0,001)	3,33 (1,977)	0,136	0,81 (0,165)	0,002	0,76 (±)
Lote 34	1	36,87 (0,001)	0,38 (0,081)	0,005	0,01 (0,004)	0,019	0,78 (+)
	2	22,41 (0,003)	0,74 (0,043)	<0,001	0,002 (<0,001)	0,026	0,66 (+)
	3	34,37 (0,001)	0,47 (0,074)	0,001	0,14 (0,036)	0,011	0,77 (+)
	4	28,68 (0,002)	0,18 (0,174)	0,338	0,84 (0,250)	0,019	0,73 (+)
	5	26,75 (0,002)	2,24 (1,689)	0,241	0,67 (0,206)	0,023	0,71 (+)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

Tabela 7. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 5 aos dados referentes as distâncias mínimas entre todas as plantas erradicadas até a borda dos lotes 4 (23/03/15), 5 (31/03/15), 33 (21/10/14) e 34 (22/10/14).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
Lote 4	1	215,79 (<0,001)	0,41 (0,035)	<0,001	0,02 (0,002)	<0,001	0,96 (+)
	2	98,83 (<0,001)	0,72 (0,021)	<0,001	0,002 (<0,001)	<0,001	0,92 (+)
	3	276,92 (<0,001)	0,43 (0,024)	<0,001	0,16 (0,012)	<0,001	0,96 (+)
	4	71,00 (<0,001)	0,11 (0,069)	0,144	0,98 (0,159)	<0,001	0,88 (+)
	5	59,57 (<0,001)	3,33 (1,663)	0,092	0,79 (0,139)	0,001	0,86 (+)
Lote 5	1	193,25 (<0,001)	0,38 (0,035)	<0,001	0,02 (0,002)	<0,001	0,95 (+)
	2	50,89 (<0,001)	0,75 (0,026)	<0,001	0,002 (<0,001)	<0,001	0,82 (+)
	3	182,85 (<0,001)	0,47 (0,028)	<0,001	0,14 (0,013)	<0,001	0,95 (+)
	4	132,37 (<0,001)	0,11 (0,047)	0,049	1,00 (0,113)	<0,001	0,93 (+)
	5	108,72 (<0,001)	3,59 (1,299)	0,028	0,82 (0,101)	<0,001	0,92 (+)
Lote 33	1	46,27 (<0,001)	0,34 (0,061)	<0,001	0,01 (0,003)	0,002	0,79 (+)
	2	26,00 (<0,001)	0,78 (0,033)	<0,001	0,001 (<0,001)	0,005	0,65 (±)
	3	52,25 (<0,001)	0,53 (0,051)	<0,001	0,12 (0,021)	<0,001	0,81 (+)
	4	97,59 (<0,001)	0,11 (0,054)	0,069	1,02 (0,128)	<0,001	0,90 (+)
	5	109,55 (<0,001)	4,08 (1,459)	0,023	0,87 (0,100)	<0,001	0,91 (+)
Lote 34	1	104,01 (<0,001)	0,30 (0,036)	<0,001	0,01 (0,002)	<0,001	0,89 (+)
	2	83,43 (<0,001)	0,77 (0,020)	<0,001	0,001 (<0,001)	<0,001	0,86 (+)
	3	93,17 (<0,001)	0,53 (0,041)	<0,001	0,11 (0,017)	<0,001	0,88 (+)
	4	49,17 (<0,001)	0,29 (0,189)	0,163	0,77 (0,165)	0,002	0,77 (+)
	5	44,88 (<0,001)	1,69 (0,918)	0,107	0,63 (0,143)	0,003	0,75 (+)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

Figura 12. Distribuições de frequências das distâncias mínimas entre plantas erradicadas. As colunas correspondem ao número de plantas em cada classe de distância e a linha corresponde à porcentagem acumulada de plantas erradicadas. A posição das plantas erradicadas foi determinada em 29/07/14 (lote 4), 15/07/14 e 10/10/14 (lote 25), 16/07/14 e 15/10/14 (lote 31), 14/10/14 (lote 32), 28/07/14 (lote 33) e 28/07/14 (lote 34). O sinal de “*” indica a segunda avaliação nos lotes 25 e 31.

Figura 13. Distribuições de frequências das distâncias mínimas entre todas as plantas erradicadas. As colunas correspondem ao número de plantas em cada classe de distância e a linha corresponde à porcentagem acumulada de plantas erradicadas. A posição das plantas erradicadas foi determinada em 23/03/15, 31/03/15, 21/10/14 e 22/10/14, para os lotes 4, 5, 33 e 34, respectivamente, e correspondem a todas as plantas erradicadas nesses lotes até essas datas.

Tabela 8. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 5 aos dados referentes as distâncias mínimas entre as plantas erradicadas dos lotes 4 (29/07/14), 25 (15/07/14 e 10/10/14) e 31 (16/07/14).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
Lote 4	1	2,987 (0,250)	0,27 (0,266)	0,412	0,002 (0,018)	0,931	0,006 (+)
	2	3,00 (0,249)	0,71 (0,242)	0,098	0,0009 (0,006)	0,895	0,009 (+)
	3	2,97 (0,252)	0,78 (0,789)	0,422	-0,013 (0,064)	0,963	0,001 (+)
	4	2,96 (0,252)	3,52 (14,31)	0,828	-0,04 (1,057)	0,971	0,0009 (+)
	5	2,96 (0,252)	0,22 (0,681)	0,774	0,03 (0,794)	0,973	0,0008 (+)
Lote 25	1	334,80 (0,003)	0,05 (0,004)	0,011	0,16 (0,179)	0,008	0,99 (+)
	2	9,34 (0,097)	0,39 (0,122)	0,083	0,012 (0,004)	0,127	0,80 (±)
	3	25,54 (0,037)	0,07 (0,043)	0,244	0,61 (0,150)	0,055	0,92 (±)
	4	186,29 (0,005)	0,0002 (<0,001)	0,390	2,54 (0,272)	0,011	0,99 (+)
	5	72,19 (0,014)	78,13 (69,895)	0,379	1,60 (0,287)	0,030	0,97 (+)
Lote 25	1	115,12 (0,001)	1,17 (0,187)	0,008	0,04 (0,005)	0,007	0,97 (+)
	2	4,34 (0,130)	0,64 (0,119)	0,013	0,003 (0,001)	0,183	0,94 (±)
	3	10,85 (0,042)	0,25 (0,107)	0,105	0,28 (0,098)	0,063	0,76 (±)
	4	70,88 (0,003)	0,002 (0,002)	0,453	1,99 (0,339)	0,009	0,96 (+)
	5	43,32 (0,006)	28,90 (26,678)	0,358	1,31 (0,289)	0,019	0,93 (+)
Lote 31	1	9,97 (0,091)	0,56 (0,253)	0,158	0,02 (0,011)	0,292	0,66 (+)
	2	18,04 (0,052)	0,53 (0,079)	0,021	0,006 (0,002)	0,100	0,80 (+)
	3	10,54 (0,087)	0,23 (0,139)	0,234	0,29 (0,146)	0,178	0,67 (+)
	4	6,80 (0,128)	0,10 (0,261)	0,734	0,89 (0,712)	0,339	0,52 (±)
	5	6,18 (0,139)	2,33 (4,289)	0,640	0,59 (0,526)	0,378	0,47 (±)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

Tabela 9. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 5 aos dados referentes as distâncias mínimas entre as plantas erradicadas dos lotes 31 (15/10/14), 32 (14/10/14), 33 (28/07/14) e 34 (28/07/14).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
Lote 31	1	14,97 (0,014)	0,474 (0,163)	0,044	0,016 (0,007)	0,096	0,69 (+)
	2	17,11 (0,011)	0,65 (0,061)	<0,001	0,003 (0,001)	0,032	0,72 (+)
	3	15,699 (0,013)	0,34 (0,106)	0,033	0,22 (0,073)	0,040	0,70 (+)
	4	36,14 (<0,001)	0,11 (0,198)	0,599	0,94 (0,474)	0,119	0,56 (+)
	5	9,36 (0,031)	2,81 (3,783)	0,498	0,70 (0,377)	0,135	0,54 (+)
Lote 32	1	10395,05 (<0,001)	2,43 (0,059)	0,056	0,06 (0,001)	<0,001	0,99 (+)
	2	5,56 (0,152)	0,37 (0,160)	0,145	0,01 (0,006)	0,181	0,72 (±)
	3	12,29 (<0,001)	0,05 (0,051)	0,412	0,68 (0,237)	0,102	0,86 (+)
	4	2171,81 (<0,001)	<0,001 (<0,001)	<0,001	3,28 (0,108)	<0,001	0,99 (+)
	5	208,96 (0,004)	274,39 (190,885)	0,287	1,98 (0,227)	0,013	0,99 (+)
Lote 33	1	34,22 (0,001)	0,34 (0,073)	0,006	0,01 (0,004)	0,028	0,71 (+)
	2	20,68 (0,004)	0,76 (0,043)	<0,001	0,001 (<0,001)	0,059	0,54 (+)
	3	34,48 (0,001)	0,52 (0,078)	0,001	0,12 (0,034)	0,019	0,71 (+)
	4	38,49 (<0,001)	0,25 (0,199)	0,266	0,77 (0,209)	0,014	0,74 (+)
	5	37,89 (<0,001)	1,88 (1,180)	0,171	0,63 (0,170)	0,014	0,74 (+)
Lote 34	1	17,94 (0,005)	0,39 (0,122)	0,022	0,02 (0,006)	0,061	0,62 (+)
	2	11,32 (0,014)	0,76 (0,057)	<0,001	0,001 (<0,001)	0,103	0,44 (+)
	3	18,80 (0,005)	0,49 (0,099)	0,004	0,13 (0,046)	0,036	0,64 (+)
	4	28,64 (0,002)	0,10 (0,103)	0,363	1,00 (0,271)	0,014	0,75 (+)
	5	31,79 (0,001)	4,07 (2,940)	0,225	0,83 (0,206)	0,010	0,77 (+)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

Tabela 10. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 5 aos dados referentes as distâncias mínimas entre todas as plantas erradicadas dos lotes 4 (23/03/15), 5 (31/03/15), 33 (21/10/14) e 34 (22/10/14).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
Lote 4	1	60536,25 (0,003)	18,51 (1,045)	0,036	0,15 (0,003)	0,012	0,99 (+)
	2	10,09 (0,560)	0,29 (0,391)	0,587	0,02 (0,019)	0,554	0,50 (-)
	3	1,65 (0,481)	0,03 (0,101)	0,819	0,82 (0,827)	0,501	0,63 (-)
	4	61157,83 (0,003)	<0,001 (<0,001)	<0,001	8,49 (0,116)	<0,001	0,99 (+)
	5	3328618,22 (<0,001)	358000,50 (11679,76)	0,020	-4,29 (0,01)	0,001	0,99 (+)
Lote 5	1	16708,47 (0,005)	16,35 (1,567)	0,060	0,14 (0,004)	0,021	0,99 (+)
	2	0,81 (0,617)	0,40 (0,433)	0,524	0,006 (0,009)	0,597	0,39 (-)
	3	1,18 (0,546)	0,09 (0,234)	0,767	0,50 (0,574)	0,543	0,52 (-)
	4	16722,51 (0,005)	<0,001 (<0,001)	<0,001	8,11 (0,197)	<0,001	0,99 (+)
	5	18924,23 (0,005)	213920,48 (82814,07)	0,235	4,12 (0,129)	0,019	0,99 (+)
Lote 33	1	11,32 (0,039)	0,59 (0,249)	0,096	0,02 (0,010)	0,151	0,69 (+)
	2	19,91 (0,018)	0,54 (0,071)	0,005	0,006 (0,002)	0,038	0,81 (+)
	3	13,37 (0,032)	0,23 (0,108)	0,129	0,32 (0,116)	0,072	0,73 (+)
	4	7,77 (0,065)	0,06 (0,134)	0,692	1,08 (0,634)	0,186	0,56 (+)
	5	6,97 (0,074)	3,75 (6,362)	0,596	0,76 (0,487)	0,217	0,52 (+)
Lote 34	1	12,97 (0,033)	0,86 (0,359)	0,095	0,03 (0,013)	0,108	0,79 (+)
	2	14,11 (0,029)	0,49 (0,087)	0,010	0,007 (0,002)	0,045	0,80 (+)
	3	17,54 (0,022)	0,14 (0,071)	0,141	0,43 (0,119)	0,037	0,84 (+)
	4	9,25 (0,052)	0,009 (0,022)	0,720	1,58 (0,723)	0,117	0,71 (+)
	5	7,64 (0,066)	11,60 (21,115)	0,620	1,06 (0,550)	0,149	0,66 (+)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

4.3. Relação entre o número de armadilhas a ser adotado numa área e a média de adultos/armadilha

A média da população do vetor, considerando todas as áreas, variou de 0,08 a 6,56 adultos/armadilha e o número necessário de armadilhas, para uma precisão de 25% de variação no erro padrão, foi de 19 a 192 armadilhas por área. Nas áreas com controle químico a média de adultos/armadilha variou de 0,08 a 1,00 adulto/armadilha e o número de armadilhas de 50 a 192. Para as áreas sem controle químico a variação na média de adultos foi de 0,10 a 6,56 adultos/armadilha e o número de armadilhas de 19 a 160. Todos os modelos testados, exceto o número 6, se ajustaram ao número de armadilhas em relação à média de *D. citri*/armadilha, no entanto, melhores ajustes ocorreram para o conjunto dos dados dos lotes 5, 33 e 34 e de todos os lotes avaliados da PR. Para os dados do Quintal e do conjunto dos lotes 25, 31 e 32, os ajustes apresentaram baixos valores do coeficiente de determinação ou distribuições inadequadas dos resíduos (Tabelas 11 e 12).

Na Figura 14 são apresentadas as relações entre o número de armadilhas e a média de adultos/armadilha a partir do modelo número 6. Embora esse modelo tenha se ajustado apenas aos dados de todas as áreas, e não aos seus sub-conjuntos, o mesmo foi empregado por Hall & Hentz (2010) para áreas de 0,4 e 4,0 ha. Portanto, para fins de comparação, a relação entre o número de armadilhas e a média de adultos/armadilha foi determinada para as áreas PR, Quintal e para o conjunto de todos os dados empregando-se esse modelo e os parâmetros “a” e “b” apresentados nas Tabelas 11 e 12. Quanto maior a média de adultos/armadilha, menor foi o número de pontos com armadilhas necessário para estimativas relativamente precisas da população do vetor. No entanto, para médias menores que 1,0 adulto/armadilha, o número de pontos com armadilhas deve ser superior a 12, podendo chegar a quase duas centenas por área para médias inferiores a 0,10 adulto/armadilha. Para médias de adultos/armadilha superiores a 0,20, a área Quintal exige mais armadilhas para estimativas precisas que as demais áreas.

Tabela 11. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 6 aos dados referentes ao número de armadilhas em relação a média de *D. citri*/armadilha nos lotes (5, 25, 31, 32, 33 e 34), (5, 33 e 34) e (25, 31 e 32).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
PR	1	1939,07 (<0,001)	360,00 (27,176)	<0,001	7,78 (0,77)	<0,001	0,78 (±)
	2	1971,35 (<0,001)	-360,20 (27,204)	<0,001	-7,85 (0,771)	<0,001	0,78 (±)
	3	3501,04 (<0,001)	-24,06 (3,307)	<0,001	-0,83 (0,058)	<0,001	0,88 (+)
	4	5485,57 (<0,001)	-0,98 (<0,001)	<0,001	-0,006 (<0,001)	<0,001	0,92 (+)
	5	3470,39 (<0,001)	24,67 (3,367)	<0,001	0,82 (0,058)	<0,001	0,88 (+)
	6	3183,47 (<0,001)	1287,19 (704,435)	0,073	0,01 (0,009)	0,120	0,87 (+)
Lotes 5, 33 e 34	1	198487,7 7 (<0,001)	429,15 (4,813)	<0,001	9,67 (0,127)	<0,001	0,99 (+)
	2	204547,1 3 (<0,001)	-429,49 (4,789)	<0,001	-9,74 (0,127)	<0,001	0,99 (+)
	3	102816,2 2 (<0,001)	-13,00 (0,617)	<0,001	-1,08 (0,019)	<0,001	0,99 (+)
	4	17962,37 (<0,001)	-0,98 (<0,001)	<0,001	-0,007 (<0,001)	<0,001	0,98 (-)
	5	105162,5 (<0,001)	13,32 (0,619)	<0,001	1,07 (0,019)	<0,001	0,99 (+)
	6	48875,27 (<0,001)	2538073,95 (1152066835)	0,998	<0,001 (0,003)	0,998	0,99 (±)
Lotes 25, 31 e 32	1	786,076 (<0,001)	331,65 (39,474)	<0,001	7,04 (1,150)	<0,001	0,66 (-)
	2	799,19 (<0,001)	-332,01 (39,533)	<0,001	-7,11 (1,152)	<0,001	0,67 (-)
	3	1555,30 (<0,001)	-30,86 (5,494)	<0,001	-0,72 (0,077)	<0,001	0,83 (-)
	4	2461,83 (<0,001)	-0,98 (0,001)	<0,001	-0,006 (<0,001)	<0,001	0,89 (-)
	5	1544,34 (<0,001)	31,65 (5,584)	<0,001	0,71 (0,076)	<0,001	0,83 (-)
	6	1315,31 (<0,001)	775,22 (373,167)	0,0459	0,03 (0,016)	0,112	0,80 (-)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007) e Hall & Hentz (2010).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

Tabela 12. Resultados das análises por regressão não linear quanto aos ajustes dos modelos 1 a 6 aos dados referentes ao número de armadilhas em relação a média de *D. citri*/armadilha nas áreas P1, P2, Quintal e todas as áreas (PR, P1, P2, P3 e Quintal).

Área	Modelo ¹	Teste F (p-valor)	a		b		R ² (Resíduo) ³
			valor (e.p.) ²	p-valor	valor (e.p.)	p-valor	
P1	1	31054,28 (<0,001)	353,59 (4,934)	<0,001	7,94 (0,119)	<0,001	0,99 (±)
	2	314,24 (<0,001)	-354,33 (4,853)	<0,001	-8,02 (0,117)	<0,001	0,99 (±)
	3	355616,4 0 (<0,001)	-10,29 (0,119)	<0,001	-1,19 (0,095)	<0,001	0,99 (+)
	4	20063,62 (<0,001)	-0,97 (<0,001)	<0,001	-0,01 (<0,001)	<0,001	0,99 (-)
	5	402937,2 (<0,001)	10,64 (0,114)	<0,001	1,18 (0,005)	<0,001	0,99 (+)
	6	4520,96 (<0,001)	5523019,59 (1127006277)	0,999	<0,001 (0,006)	0,999	0,98 (-)
P2	1	202,83 (<0,001)	251,06 (30,515)	<0,001	4,78 (0,845)	<0,001	0,79 (+)
	2	203,56 (<0,001)	-251,38 (30,919)	<0,001	-4,85 (0,859)	<0,001	0,79 (+)
	3	233,47 (<0,001)	-20,56 (5,634)	0,001	-0,89 (0,127)	<0,001	0,81 (±)
	4	219,55 (<0,001)	-0,97 (0,003)	<0,001	-0,008 (0,002)	<0,001	0,80 (±)
	5	233,70 (<0,001)	21,14 (5,703)	0,001	0,88 (0,125)	<0,001	0,81 (±)
	6	233,18 (<0,001)	889,28 (904,696)	0,339	0,02 (0,026)	0,418	0,81 (+)
Q u i n t a l	1	113,73 (<0,001)	76,67 (6,731)	<0,001	0,23 (0,079)	0,004	0,12 (±)
	2	113,84 (<0,001)	-75,86 (6,773)	<0,001	-0,24 (0,081)	0,004	0,12 (±)
	3	137,77 (<0,001)	-48,96 (4,522)	<0,001	-0,35 (0,069)	<0,001	0,24 (±)
	4	146,21 (<0,001)	-0,98 (0,001)	<0,001	-0,006 (0,001)	<0,001	0,27 (-)
	5	137,61 (<0,001)	50,07 (4,511)	<0,001	0,34 (0,068)	<0,001	0,24 (±)
	6	119,799 (<0,001)	91,22 (10,897)	<0,001	1,52 (0,648)	0,021	0,16 (±)
Todas as áreas	1	866,03 (<0,001)	253,32 (14,365)	<0,001	4,57 (0,429)	<0,001	0,64 (±)
	2	883,42 (<0,001)	-254,93 (14,622)	<0,001	-4,68 (0,438)	<0,001	0,64 (±)
	3	1406,59 (<0,001)	-32,03 (2,837)	<0,001	-0,69 (0,040)	<0,001	0,77 (±)
	4	1770,65 (<0,001)	-0,98 (<0,001)	<0,001	-0,007 (<0,001)	<0,001	0,81 (±)
	5	1396,08 (<0,001)	33,07 (2,873)	<0,001	0,68 (0,039)	<0,001	0,77 (±)
	6	1245,79 (<0,001)	548,66 (125,044)	<0,001	0,04 (0,013)	0,001	0,74 (±)

1. Modelos descritos por Esker et al. (2007) e Hall & Hentz (2010).

2. Erro padrão da média.

3. Resíduo: (+) indica distribuição adequada dos resíduos e (-) indica distribuição inadequada dos resíduos.

Figura 14. Relação entre o número de armadilhas e a média de adultos/armadilha calculada empregando-se o modelo número 6 utilizado por Hall & Hentz (2010). Linhas tracejadas indicam o número de armadilhas em relação a média de adultos/armadilha para áreas de 0,4 e 4,0 ha com os parâmetros “a” (89,60 e 223,90, respectivamente) e “b” (0,29 e 0,10, respectivamente), como determinado por esses autores. As linhas contínuas indicam a relação calculada para as áreas PR, Quintal e para todos os dados (PR, P1, P2, P3 e Quintal) empregando-se os parâmetros “a” (1.287,19; 91,22 e 548,66, respectivamente) e “b” (0,01; 1,52 e 0,04, respectivamente), como apresentados nas Tabelas 11 e 12.

4.4. Dinâmica temporal para os dados de plantas erradicadas com HLB

A perda de plantas com HLB até dezembro de 2016 variou de 2,1% (lote 33) a 33,5% (lote 32) (Figura 15). A doença começou a ser observada na PR em julho de 2007, quando as primeiras plantas sintomáticas foram erradicadas. Nos lotes 4 e 5 a doença foi constatada em 2008, nos lotes 25, 31 e 32 em 2007 e nos lotes 33 e 34 em 2012. Os lotes 33 e 34 foram plantados em 2010 e os demais lotes em 2005. Os lotes que apresentaram mais erradicações foram o 25, 31 e 32 com 20,7%, 28,2% e 33,5% de plantas erradicadas, respectivamente, e não por coincidência são esses os lotes nos quais foram detectados mais adultos de *D. citri* em armadilhas adesivas. Nos lotes 4, 5, 33 e 34, as perdas de plantas foram de 10,6%, 8,9%, 2,1% e 3,0%, respectivamente, em concordância com as menores capturas de *D. citri*.

Figura 15. Porcentagem acumulada de plantas com HLB erradicadas nos lotes 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34 da PR. Dados de janeiro de 2007 a dezembro de 2016.

Os modelos de progresso temporal logístico e de Gompertz foram testados quanto aos ajustes às proporções de plantas com HLB dos lotes 4, 5, 25, 31 e 32 (de 2007 ou 2008 a 2016) e dos lotes 33 e 34 (de 2012 a 2016) (Tabela 13). Esses dois modelos se ajustaram aos dados de progresso da doença, exceção para o modelo de Gompertz para o lote 31. As taxas de progresso calculadas com o modelo logístico variaram de 0,43 a 0,86 para os lotes 4 a 32 e foram de 1,18 e 1,14 para os lotes 33 e 34. Maiores taxas de progresso não ocorreram para os lotes com maiores incidências de HLB ou maiores AUDPC*, mas sim para os lotes com os menores valores do parâmetro relacionado ao inóculo inicial (Y_0). As incidências iniciais para os lotes 4 a 32 foram $\leq 0,03\%$, valores muito menores que os dos lotes 33 e 34 (0,13% e 0,18%). No entanto, o parâmetro Y_0 calculado por esses dois modelos foi $\leq 0,001$ (em proporção) para os lotes 4, 5, 33 e 34, mas variaram de 0,003 a 0,012 para os lotes 25, 31 e 32. Como consequência dos maiores valores de Y_0 para esses últimos lotes, suas taxas de progresso foram menores (de 0,43 a 0,64, modelo logístico) que as determinadas para os lotes 4, 5, 33 e 34 (entre 0,77 e 1,18, modelo logístico) (Tabela 13). A taxa de progresso temporal é uma taxa média do incremento de plantas doentes no tempo e é fortemente influenciada pelo parâmetro Y_0 , dificultando sua aplicação para epidemias iniciadas a partir de Y_0 muito diferentes entre si. Por outro lado, os valores da AUDPC* foram maiores nos

lotes 25, 31 e 32, os quais apresentaram maiores perdas de plantas com HLB em comparação aos lotes 4 e 5, assim como maiores médias de adultos/armadilha. Os lotes 33 e 34 apresentaram baixíssimos valores de AUDPC*, provavelmente como consequência do controle mais rigoroso da doença/vetor e da entrada menos frequente de adultos infectivos do vetor, em comparação aos demais lotes da PR.

Tabela 13. Resultados das regressões não lineares dos ajustes dos modelos logístico e de Gompertz aos dados de progresso temporal (proporção de plantas com HLB) e área abaixo da curva de progresso da doença (AUDPC*) para os lotes 4, 5, 25, 31 e 32 (dados de 2007 ou 2008 a 2016) e 33 e 34 (dados de 2012 a 2016) da PR.

Lote	Modelo	Y_0 (e.p.) ¹	Taxa (e.p.) ²	Y_{max} (e.p.) ³	R ²	AUDPC*
4	Gompertz	<0,001 (<0,001) ^{NS}	0,464 (0,044)	0,119 (0,006)	0,99	0,043
	Logístico	0,001 (<0,001)	0,858 (0,083)	0,106 (0,004)	0,99	
5	Gompertz	<0,001 (<0,001)	0,354 (0,017)	0,133 (0,006)	0,99	0,029
	Logístico	<0,001 (<0,001)	0,771 (0,042)	0,101 (0,004)	0,99	
25	Gompertz	<0,001 (<0,001) ^{NS}	0,259 (0,058)	0,391 (0,103)	0,99	0,061
	Logístico	0,003 (0,001) ^{NS}	0,635 (0,089)	0,254 (0,032)	0,99	
31	Gompertz	0,005 (0,004) ^{NS}	0,111 (0,061) ^{NS}	2,689 (4,349) ^{NS}	0,99	0,083
	Logístico	0,009 (0,004) ^{NS}	0,433 (0,090)	0,663 (0,426) ^{NS}	0,98	
32	Gompertz	0,005 (0,005) ^{NS}	0,189 (0,078)	0,789 (0,487) ^{NS}	0,98	0,112
	Logístico	0,012 (0,006) ^{NS}	0,482 (0,117)	0,470 (0,155)	0,97	
33	Gompertz	<0,001 (<0,001)	0,010 (0,002)	5,4E+48 (<0,001)	0,98	0,004
	Logístico	<0,001 (<0,001)	1,184 (0,235)	6086,627 (<0,001)	0,98	
34	Gompertz	<0,001 (<0,001)	0,008 (0,001)	4,5E+54 (<0,001)	0,98	0,006
	Logístico	<0,001 (<0,001)	1,136 (0,206)	10047,435 (<0,001)	0,98	

1. Parâmetro relacionado ao inóculo inicial. “e.p.” indica o erro padrão da média.

2. Taxa de progresso anual da doença.

3. Proporção máxima de plantas com HLB.

^{NS} A análise de variância da regressão não linear foi não significativa ($p>0,05$). Valores não seguidos de “^{NS}” indicam análise de variância significativa ($p\leq 0,05$).

5. DISCUSSÃO

Em comparação com estudos realizados em outros países, as médias de adultos/armadilha observadas nas áreas avaliadas no presente trabalho foram muito baixas. A grande maioria das armadilhas avaliadas na PR e também nas áreas P1 e P3 não apresentava adultos do vetor. Nessas áreas são realizadas pulverizações para o controle químico do vetor, mas mesmo nas áreas P2 e Quintal, sem aplicações de inseticidas, as médias resultantes de centenas de trocas de armadilhas ainda foram menores que as verificadas, por exemplo, em pomares na Flórida. As áreas PR, P1 e P3 apresentaram médias de 0,014, 0,06 e 0,003 adulto/armadilha, respectivamente, enquanto P2 e Quintal apresentaram médias de 0,20 e 1,32 adulto/armadilha, respectivamente. Em diferentes locais na Flórida foram observadas médias de 3,6 a 11,4 adultos/armadilha (Hall et al. 2008; Flores et al. 2009; Hall 2009; Hall & Hentz 2010). Em um desses estudos, Flores et al. (2009) quantificaram também populações do vetor no Texas e em Porto Rico, e as médias observadas foram de 0,1 a 0,9 adulto/armadilha e 0,3 a 3,0 adultos/armadilha, respectivamente. As baixas médias de adultos/armadilha observadas nas áreas avaliadas no presente estudo ocorrem também em muitas áreas de produção de cítricos em São Paulo. Bassanezi et al. (2013b), por exemplo, observaram médias de 0,08 a 0,09 adulto/armadilha em áreas com controle do vetor e de 0,12 a 0,46 adulto/armadilha em áreas sem controle. Certamente a intensidade no emprego de inseticidas para o controle do vetor contribui em muito para essas baixíssimas populações do vetor no Estado. No entanto, as áreas P2 e Quintal, com plantas sem receber inseticidas, ainda apresentaram médias menores que as relatadas por exemplo nos trabalhos de Hall et al. (2008), Hall (2009), Flores et al. (2009) e Hall & Hentz (2010). Assim, além do controle químico, outras variáveis podem contribuir para as menores populações do vetor em São Paulo, como o período de tempo em que o vetor está presente nessas regiões, muito mais longo no Brasil, e populações de origem diferentes (Tsai et al. 2000; Leon et al. 2011).

Armadilhas adesivas amarelas são a principal forma de quantificar populações de *D. citri*, embora outros métodos de avaliação possam ser empregados (Flores et al. 2009; Hall et al. 2007; 2008; Hall & Hentz 2010). Hall & Hentz (2010) e Manzo et al. (2015) observaram que armadilhas adesivas amarelas são mais eficazes que o método de batida dos ramos

(“stem-tap”) na detecção do vetor, especialmente para baixas densidades de *D. citri*. No presente estudo a população do vetor foi quantificada com várias armadilhas adesivas dispostas simultaneamente em cada lote ou área. No entanto, os dados fornecidos pela PR referentes à detecção do vetor com armadilhas empregadas pela própria fazenda (de 1 a 7 pontos/lote) e também com a avaliação de três ramos em 1% das plantas de duas a cinco vezes/mês, permitem, de certo modo, a comparação desses três diferentes procedimentos na detecção do vetor. A procura de ovos, ninfas e adultos em ramos resultou na detecção do vetor em apenas duas ocasiões, em dois lotes. Por outro lado, o emprego de várias armadilhas/lote, localizadas dentro e na borda, ou de apenas poucas armadilhas na borda dos lotes, apresentaram resultados similares quanto aos locais de maior ou menor detecção do vetor, média de adultos/armadilha e também quanto as épocas mais frequentes de detecção. Os lotes da PR são pulverizados com inseticidas a cada 15 ou 30 dias, o que dificulta em muito a reprodução do vetor nas plantas dessas áreas. Isso explica a baixa detecção de ovos, ninfas e adultos em ramos e também a detecção do vetor em armadilhas quase que exclusivamente nas bordas, como demonstrado no presente estudo. Boina et al. (2009), Tomaseto et al. (2015) e Sétamou & Bartels (2015), relataram ser significativo o número de adultos de *D. citri* capturados em armadilhas nas bordas dos lotes quando comparado com o interior. Sétamou et al. (2012) citam que *D. citri* é um inseto diurno e com alto fototropismo, o que explicaria a preferência por árvores na borda dos pomares. No entanto, as detecções mais frequentes e em maiores quantidades de adultos em armadilhas localizadas nas bordas dos lotes no presente estudo muito provavelmente devem-se à dispersão de adultos originários de áreas externas e ao intensivo emprego de inseticidas para o controle do vetor nas áreas avaliadas.

A comparação das médias de adultos/armadilha em armadilhas localizadas na borda versus no interior dos lotes não foi significativa estatisticamente. Isso provavelmente ocorreu em razão da grande quantidade de armadilhas sem adultos (ou seja, valor “zero” nas avaliações), tanto para armadilhas nas bordas quanto no interior dos lotes. A grande quantidade de zeros resultou em grande variabilidade dos dados e, como consequência, reduziu a eficácia do teste estatístico na observação de diferenças entre os tratamentos.

As porcentagens de adultos bacterilíferos de pomares comerciais e de áreas sem qualquer manejo, na Flórida, foram determinadas por Tiwari et al. (2010). As médias observadas por esses autores foram de 1,2% e 1,9%, respectivamente, valores esses muito

inferiores aos observados em todas as áreas avaliadas no presente estudo (de 18% a 72%). Ferreira (2014) avaliou as mesmas áreas de Anhembi aqui apresentadas, mas de 2012 a 2013, e observou proporções de adultos portando '*Ca. Liberibacter asiaticus*' de 21% a 29%, em áreas com e sem manejo, respectivamente. Por outro lado, Bassanezi et al. (2013b) observaram valores similares de adultos bacterilíferos para áreas com e sem controle do vetor, com médias de 1,5% a 10,5% e 1,5% a 9,8 %, respectivamente. Todos esses autores apresentaram proporções de adultos bacterilíferos inferiores aos aqui relatados. Mesmo o trabalho de Ferreira (2014), desenvolvido nas mesmas áreas, apresentou médias inferiores aos 35% a 72% em áreas com controle (PR) e sem controle (Quintal), respectivamente (Tabela 4), referentes a um período mais longo de avaliações (2012 a 2016). É possível que a proporção de adultos bacterilíferos aumente com o passar dos anos nas regiões recém detectadas com HLB, como São Paulo e Flórida. Isso explicaria as maiores médias aqui apresentadas em relação as médias relatadas por esses autores. A grande maioria das detecções de adultos nas áreas PR, P1, P3 e Quintal ocorreu a partir de 2014 e, portanto, as proporções de adultos bacterilíferos se referem a um período mais recente que os relatados nesses outros estudos desenvolvidos na Flórida e em São Paulo, todos anteriores a 2014. De qualquer modo, as altas populações de adultos bacterilíferos explicam a rápida propagação do HLB e as perdas de plantas ocorridas nos lotes da PR (Figura 15), apesar dos esforços adotados na prevenção de novas infecções.

Locais abandonados com citros, sem controle do vetor e eliminação de focos da doença, são reservatórios de *D. citri* (Tiwari et al. 2010). Os dados aqui apresentados também comprovam esse fato, uma vez que os lotes 4, 5, 33 e 34, imediatamente vizinhos das áreas P1 e P3, apresentaram menores populações do vetor e, mais importante, menores perdas de plantas sintomáticas, que os lotes 25, 31 e 32, os quais não possuíam áreas com controle do vetor imediatamente após à divisa da PR. As áreas P2 e Quintal, localizadas a 1.600 e 800 metros, respectivamente, da PR e mais próximas dos lotes 25, 31 e 32, podem ter atuado como fontes de inóculo para a infecção das plantas na PR. No entanto, outras plantas infectadas, não comerciais, muito provavelmente existem ao redor da PR e também podem ter atuado como fontes de inóculo para essas infecções. Os dados aqui apresentados não demonstram que as áreas P2 e Quintal foram as únicas fontes de inóculo responsáveis pela infecção das plantas da PR, podendo existir outras áreas que atuaram como fontes de inóculo. Mas a menor perda de plantas ocorrida nos lotes 4, 5, 33 e 34, em comparação com

os lotes 25, 31 e 32, comprovam que áreas comerciais, mantidas sem a eliminação frequente de plantas com HLB, mas com controle regular do vetor, são menos importantes como fontes de inóculo do HLB que plantas não comerciais, infectadas e nunca tratadas com inseticidas. Certamente o quanto uma área com plantas infectadas atuará como fonte de inóculo para a infecção de áreas próximas depende de vários fatores, como por exemplo, a população de plantas infectadas nessas áreas, a infestação dessas plantas pelo vetor, a concentração bacteriana nas plantas, fatores meteorológicos, o controle do vetor nas áreas comerciais com plantas infectadas, dentre muitos outros.

As diferenças na população do vetor revelaram a importância do controle químico adotado nas áreas PR, P1 e P3, em comparação à P2 e ao Quintal (Tabela 4). A perda de plantas nos lotes internos da PR foi similar a perda de plantas nos lotes 4, 5, 33 e 34, localizados na divisa da propriedade, mas cercados por áreas mantidas com controle frequente do vetor (dados não mostrados). Esse resultado abre a perspectiva de uma nova abordagem no manejo do HLB, caracterizada pela produção de cítricos em áreas mantidas sem a erradicação de plantas sintomáticas, desde que mantidas com controle frequente do vetor. A erradicação de plantas como uma estratégia de controle de doenças, independentemente da doença, tem como objetivo impedir (ou reduzir) que as plantas infectadas (ou infestadas) sirvam como fonte de inóculo para a infecção de plantas na mesma área ou região. A legislação brasileira determina a eliminação de plantas quando comprovadamente com HLB. Mas, considerando os resultados aqui apresentados, caso o controle químico do vetor em muito dificulte que áreas infestadas sirvam como fontes de inóculo para áreas circunvizinhas, a manutenção de plantas sintomáticas poderia ser permitida. Nesse sentido, mais áreas precisam ser estudadas, com e sem o controle do vetor e a eliminação de plantas sintomáticas, para que essa hipótese seja comprovada.

O número de armadilhas necessário para estimativas precisas da população do vetor é bastante alto, especialmente para áreas com controle do vetor. O emprego de centenas de armadilhas, como calculado para os lotes da PR, é impraticável. Hall & Hentz (2010) determinaram, para médias de 1,0 a 1,5 adulto/armadilha, a necessidade de 28 armadilhas adesivas para áreas de até 4,0 ha. Para médias inferiores a essas o número de armadilhas é ainda maior. No presente estudo, empregando-se a mesma metodologia desses autores, para as áreas PR, P1, P2, P3 e Quintal, médias de 1,0 a 1,2 adulto/armadilha exigiriam entre 19 e 64 armadilhas (Figura 14). No entanto, a fórmula matemática utilizada

para o cálculo do número de amostras, apresentada por Hall & Hentz (2010), exige que os dados apresentem uma distribuição normal. Esses autores não citam se seus dados apresentaram esse tipo de distribuição. No entanto, os dados aqui apresentados não apresentaram uma distribuição normal e o emprego da metodologia utilizada por Hall & Hentz (2010) não é correta. Mesmo assim, a mesma foi utilizada para fins de comparação. Ainda não sendo a estatística adequada, os resultados aqui apresentados revelam que o número de armadilhas utilizado nas áreas com controle do vetor em São Paulo não permite estimativas precisas da população. Isso pode ser afirmado e explica o porque de muitas áreas apresentarem armadilhas sem adultos, mas com o aparecimento frequente de novas plantas sintomáticas. Estimativas imprecisas de média “zero” adulto/armadilha indicam baixas populações do vetor, mas não que o mesmo não esteja presente. No entanto, o manejo do HLB não exige estimativas precisas da população de *D. citri*. As similaridades observadas entre as médias, locais e frequências de detecção de adultos com várias armadilhas/lote ou com uma ou poucas armadilhas/lote, como adotado na PR, revelam que o emprego de poucas armadilhas permite identificar, ao longo do tempo, quais áreas da propriedade estão mais sujeitas as infecções primárias. Com esse conhecimento o produtor pode atuar com maior assertividade na identificação (e tentativa de eliminação) de fontes de inóculo externas à propriedade.

A importância do inóculo primário para epidemias de HLB, como discutido por Bassanezi et al. (2013a,b) e Bergamin Filho et al. (2016), é aqui novamente confirmada. A detecção do vetor ocorreu muito mais frequentemente em armadilhas localizadas no perímetro dos lotes da PR (Figura 9), assim como as maiores proporções acumuladas de plantas sintomáticas deu-se na primeira centena de metros a partir das bordas (Figuras 10 e 11). Gottwald et al. (2010) observaram, para pomares no sul da Flórida, a ocorrência tanto da disseminação primária quanto da secundária. Os dados aqui apresentados não permitem mensurar a ocorrência dessas duas formas de disseminação e quais suas importâncias para o progresso do HLB nos lotes da PR, pois não há dados quanto ao progresso espaço-temporal das plantas com HLB. No entanto, as distâncias mais frequentes entre plantas sintomáticas foram de dezenas de metros, revelando a inexistência de forte agregação de plantas doentes (Figuras 12 e 13). Distâncias curtas entre plantas erradicadas, de poucos metros, indicaria que a infecção ocorreu em plantas lado a lado. O efeito de borda e distâncias relativamente grandes entre plantas doentes são comuns quando há dispersão do inseto vetor a longas

distâncias (dezenas a centenas de metros), o mesmo não ocorrendo quando sua população é resultante da reprodução do inseto na área (Boina et al. 2009; Gottwald 2010).

Monteiro (2013) verificou em pomares em São Paulo, com frequente aplicações de inseticidas, a concentração de plantas sintomáticas nos primeiros 50 metros de borda. No presente estudo, maiores incidências de plantas com HLB ocorreram na periferia dos lotes e 80% das plantas erradicadas estavam distantes até 80 a 160 metros das bordas. Esses resultados indicam que as pulverizações adotadas por muitos citricultores, concentradas nos primeiros metros das bordas dos lotes, provavelmente não resultam em reduções significativas da população do vetor. Mais eficaz seria a estratégia de pulverizações mais frequentes dos lotes das bordas das propriedades, em comparação aos lotes internos, na prevenção de novas infecções. Sétamou & Bartels (2015) afirmaram que a aplicação precoce de inseticidas nas plantas das duas primeiras linhas de borda dos lotes, no início da infestação pelo vetor, reduziria a densidade de *D. citri*, impediria sua propagação e seu estabelecimento em plantas internas, culminando em menos infecções por HLB. As proporções acumuladas de plantas com HLB, distantes a mais de uma centena de metros das bordas nos lotes da PR, permitem afirmar que a estratégia sugerida por esses autores não é indicada para as condições de São Paulo, e talvez para qualquer área nas quais as infecções primárias sejam o principal processo de propagação do HLB.

Modelos de gradiente de doença foram testados quanto aos seus ajustes aos dados referentes às distâncias entre plantas erradicadas e a borda. As vantagens no ajuste de modelos são, por exemplo, permitir o melhor entendimento do patossistema, a comparação de estratégias de controle e a previsão da incidência da doença a diferentes distâncias. Os modelos $y=a*Exp(-b*x)$ (exponencial negativo) e $y=1-(a*(x^b))$ (relacionado a potência) se ajustaram adequadamente à maioria dos lotes e datas. Será interessante comparar os parâmetros calculados com esses modelos com outros calculados com dados de áreas sem a erradicação de plantas sintomáticas ou sem o controle do vetor. Essa abordagem, assim como outras, permitiria o melhor entendimento dos mecanismos envolvidos na propagação do HLB e qual a importância da manutenção de plantas sintomáticas para infecção de plantas circunvizinhas, quando mantidas sob o controle rigoroso do vetor.

Gottwald et al. (2010) observaram melhor ajuste do modelo de Gompertz para o progresso temporal do HLB a partir de dados da Flórida. As taxas de progresso, para o tempo calculado em anos, variaram de 0,724 a 2,733 (logístico) e 0,435 a 0,972 (Gompertz). Os

lotes da PR apresentaram taxas de progresso temporal para o HLB de 0,433 a 1,184 (logístico) e de 0,008 a 0,464 (Gompertz), portanto inferiores aos observados por aqueles autores. Os dados da AUDPC* indicaram que o progresso do HLB nos lotes 33 e 34 foi muito menor do que nos demais lotes da PR. A AUDPC* é uma forma mais adequada para a comparação do progresso da doença no presente caso, em comparação à taxa de progresso temporal, pois permite a comparação de epidemiais com tempos de duração diferentes e não é dependente do inóculo inicial. Como apresentado na Tabela 13, os lotes com as menores incidências acumuladas foram os com as maiores taxas de progresso. As epidemiais de HLB nesses lotes não foram mais rápidas, como as maiores taxas de progresso, numa primeira análise, indicam. Os lotes com as maiores incidências, ou seja, com as menores taxas de progresso, foram detectados em 2007 ou 2008 já com incidências maiores da doença que os lotes 33 e 34, detectados anos mais tarde (2012) (Tabela 13). Maiores incidências iniciais resultaram em menores taxas de progresso e dificultaram a comparação, exclusivamente com modelos de progresso, de epidemiais ocorridas em momentos e condições não controladas, como é o caso dos lotes da PR.

As menores AUDPC* nos lotes 33 e 34 provavelmente ocorreram em razão do controle mais frequente com inseticidas adotado desde o segundo ano após o plantio desses lotes (Tabela 3). Em 2011, todos os lotes da PR passaram a ser pulverizados mais frequentemente em comparação aos anos anteriores. No entanto, os lotes 33 e 34 foram plantados em 2010, enquanto todos os demais lotes dessa propriedade foram plantados em 2005. Por esse raciocínio, esses lotes da PR, plantados anteriormente, apresentaram-se nos seus primeiros anos mais predispostos a infecções por HLB que os lotes 33 e 34. Por outro lado, os lotes 4 e 5, cujas plantas são circundadas por lotes da PR e outras áreas comerciais (P1 e P3), todos com plantas regularmente pulverizadas com inseticidas, sofreram ao longo dos anos menos infecções que os lotes localizados no perímetro da PR, como 25, 31 e 32. Nesses últimos lotes, assim como em outros localizados na periferia da PR, as plantas servem mais frequentemente como fontes de alimento para adultos do vetor, provenientes de áreas externas à PR, culminando em mais infecções e maior perda de plantas com HLB, como demonstrado no presente trabalho.

Gottwald et al. (2010) e também Bassanezi et al. (2010; 2013a,b) discutem a disseminação regional do HLB, e com isso, preconizam a necessidade de esforços em escala regional para seu manejo. Porém, uma ação regional deve ser realizada em áreas comerciais

e também em plantas não comerciais de citros. Como aqui demonstrado e também em outros estudos, plantas não comerciais, mantidas sem o controle do vetor e sintomáticas, podem servir como fontes de inóculo efetivas na propagação do HLB para áreas comerciais presentes na mesma região. O “manejo regional do HLB”, realizado atualmente em São Paulo e no Paraná, assim como as *Citrus Health Management Areas* (CHMAs) na Flórida, correspondem a pulverizações simultâneas de inseticidas em áreas comerciais. A erradicação de plantas sintomáticas nessas áreas e ações em áreas não comerciais são muito menos frequentes, ou inexistentes, o que claramente descaracteriza o que seria um “manejo regional”. Dessa forma, tentativas mais eficazes para se reduzir as frequentes infecções primárias por HLB exigem a eliminação de plantas não comerciais ou, ao menos, seus tratamentos com inseticidas. Maior esforço deveria ser empregado, por diferentes órgãos, tanto na divulgação quanto na realização dessas ações no Brasil. Não se descarta que nas épocas de inverno a dispersão de adultos do vetor ocorra a maiores distâncias, além de um ou dois quilômetros, o que em muito dificultaria a redução de fontes de inóculo externas à propriedade e, conseqüentemente, a redução das infecções primárias (Tomaseto et al. 2015). No entanto, é primordial se compreender que plantas não comerciais, não atingidas nas recorrentes pulverizações adotadas por grupos de citricultores, são fontes efetivas de inóculo para o HLB e medidas adicionais de controle são necessárias na tentativa de se reduzir as infecções primárias que ocorrem em áreas comerciais circunvizinhas.

6. CONCLUSÕES

- Em áreas comerciais mantidas com erradicação de plantas com HLB e pulverizações quinzenais ou mensais para o controle de *Diaphorina citri*, as frequências de captura de adultos desse vetor, as médias de adultos/armadilha adesiva amarela e as incidências de plantas com HLB, são maiores em lotes vizinhos de áreas não comerciais, em comparação com lotes vizinhos de áreas comerciais regularmente pulverizadas com inseticidas;
- Adultos de *D. citri* são detectados quase que exclusivamente em armadilhas localizadas nas bordas dos lotes, quando rigorosamente pulverizados com inseticidas;
- Estimativas precisas para a média de adultos de *D. citri*/armadilha exigem o emprego de dezenas a centenas de armadilhas, o que torna esse procedimento impraticável em áreas comerciais regularmente pulverizadas com inseticidas. No entanto, a identificação de áreas comerciais, mais predispostas à infecção originada por fontes de inóculo localizadas externamente à propriedade, pode ser realizada com dados de poucos pontos com armadilha/lote, desde que avaliados regularmente ao longo dos anos;
- Áreas comerciais, mantidas sem a eliminação frequente de plantas com HLB, mas com controle frequente do vetor, podem ser menos importantes como fontes de inóculo do HLB que plantas não comerciais, infectadas e sem tratamentos com inseticidas, o que exige ações adicionais, destinadas às áreas não comerciais, na tentativa de se reduzir as infecções primárias de HLB.

REFERÊNCIAS

- AUBERT B. 1990. Integrated activities for the control of huanglongbing-greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. Proceedings of the 4th Asia Pacific International Conference on Citriculture, Thailand. 133–144.
- BASSANEZI, R.B.; J. BELASQUE JR AND L.H. MONTESINO. 2013a. Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus huanglongbing epidemics. *Crop Protection* 52:72-77.
- BASSANEZI, R.B., L.H MONTESINO, N. GIMENES-FERNANDES, P.T. YAMAMOTO, T.R. GOTTWALD, L. AMORIM AND A. BERGAMIN FILHO. 2013b. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of Huanglongbing in young sweet orange plantings. *Plant Disease*. 97:789-796.
- BASSANEZI, R.B., A.S. LOPES, J. BELASQUE JR, M.B. SPÓSITO, P.T. YAMAMOTO, M.P. MIRANDA, D.C. TEIXEIRA AND N.A. WULFF. 2010. Epidemiologia do Huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. *Citrus Research & Technology* 31:11-23.
- BASSANEZI, R.B., L.A. BUSATO, A. BERGAMIM FILHO, L. AMORIM AND T.R. GOTTWALD. 2005. Preliminary spatial pattern analysis of Huanglongbing in São Paulo, Brazil. Conference IOCV – Insect transmitted procaryotes. 341-355.
- BELASQUE JR, J., J.C BARBOSA, C.C. MASSARI AND A.J. AYRES. 2010a. Incidência e distribuição do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. *Citrus Research& Technology* 31:1-9.
- BELASQUE JR, J; R.B. BASSANEZI, P.T. YAMAMOTO, A.J. AYRES, A. TACHIBANA, A.R. VIOLANTE, A. TANK JR, F. DI GIORGI, F.E.A. TERSI, G.M. MENEZES, J. DRAGONE, R.H. JANK JR, AND J.M. BOVÉ. 2010b. Lessons from huanglongbing management in São Paulo State, Brazil. *Journal of Plant Pathology* 92:285-302.
- BELASQUE JR, J., A. BERGAMIN FILHO, R.B. BASSANEZI, J.C. BARBOSA, N. GIMENES, P.T. YAMAMOTO, A.S. LOPES, M.A. MACHADO, R.P. LEITE JR, A.J. AYRES AND C.A. MASSARI. 2009. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. *Tropical Plant Pathology* 34:137-145.
- BERGAMIN FILHO, A., A.K. INOUE-NAGATA, R.B. BASSANEZI, J. BELASQUE JR, L. AMORIM, M.A MACEDO, J.C. BARBOSA, L. WILLOCQUET AND S. SAVARY. 2016. The importance of primary inoculum and area-wide disease management to crop health and food security. *Food Sec.* DOI 10.1007/s12571-015-0544-8.
- BOINA, D.R., W.L. MEYER, E.O. ONAGBOLA AND L.L. STELINSKI. 2009. Quantifying dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged groves on commercial citrus management. *Environmental Entomology* 38:1250-1258.

- BOVÉ, J.M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88:7-37.
- BUITENDAG, C.H. AND L.A. VON BROEMBSSEN. 1993. Living with citrus greening in South Africa. In: Moreno P, Graça JV & Timmer LW (Eds.) *Proceedings of the Twelfth Conference of the International Organization of Citrus Virologists*. University of California, Department of Plant Pathology, Riverside, CA, p. 269-273.
- CAPOOR, S.P., D.G. RAO AND S.M. VISWANATH. 1974. Greening disease of citrus in the Deccan trap contry and its relationship with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: Weathers LG & Cohen M (Eds.) *Proceedings of the 6th Conference of the International Organization of Citrus Virologists*, University of California, Division of Agricultural Sciences. 43-49.
- CHINELATO, G. A. 2015. Dinâmica temporal do Huanglongbing (HLB) e flutuação de *Diaphorina citri* em áreas sob manejo da doença. Trabalho de conclusão de curso. Piracicaba. 1-40.
- COSTA LIMA, A.M. 1942. Insetos do Brasil. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. Série didática: Homoptera. 101p.
- CUNHA SOBRINHO, A.P., A.F.J. MAGALHÃES, A.S. SOUZA, O.S. PASSOS AND W.S. SOARES FILHO. 2013. Cultura dos citros. Embrapa mandioca e fruticultura. Vol. 1. 1-400.
- ESKER, P.D., A.H. SPARKS, G. ANTONY, M. BATES, W. DALL'ACQUA, E.E FRANK, L. HUEBEL, V. SEGOVIA AND K.A. GARRETT. 2007. Ecology and epidemiology in R: Modeling dispersal gradients. *The Plant Health Instructor*. DOI:10.1094/PHI-A-2007-1226-03.
- [FAO] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2017. Data crops citrus. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 22 fev. 2017.
- FERREIRA, R.V. 2014. Influência do tipo de controle de Huanglongbing em áreas citrícolas na dispersão de *Diaphorina citri* e na disseminação da doença para pomares próximos. Dissertação (Mestrado), Araraquara: Fundecitrus, 1-58.
- FLORES, D., D.GG. HALL, D.A. JENKINS AND M. SÉTAMOU. 2009. Abundance of Asian citrus psyllid on yellow sticky traps Florida, Puerto Rico, and Texas citrus groves. *Southwestern Entomology*. 53:1-11.
- FUNDECITRUS. 2017a. Reestimativa da safra de laranja 2016/17 do citurão citrícola de São Paulo e do Triângulo/Sudoeste Mineiro – fechamento em abril 2017. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/Fechamento_safra_2016-17_abril17.pdf>. Acesso em 13 abr. 2017.
- FUNDECITRUS. 2017b. Percentual das árvores com incidência de sintomas de HLB. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/greening/10>>. Acesso em 29 jun. 2017.
- GOTTWALD, T.R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. *Annu. Rev. Phytopathol.* 48:6.1–6.21.

- GOTWALD, T.R., M.S. IREY, T. GAST, S.R. PARNELL, E.L. TAYLOR AND M.E. HILF. 2010. Spatio-temporal analysis of an HLB epidemic in Florida and implications for spread. Conference IOCV – insect transmitted procaryotes. 84-97.
- GOTWALD T.R, M. IREY AND T. GAST. 2008. The plantation edge effect of HLB – A Geostatistical Analysis. IRCHLB Proceedings. 305–308.
- GOTTWALD, T.R., J.V. DA GRAÇA AND R.B. BASSANEZI. 2007. Citrus huanglongbing: the pathogen, its epidemiology, and impact. Plant Healthy Progress (doi:10.1094/PHP-2007-0906-01-RV).
- GOTTWALD, T. R., C.I. GONZALES AND B.G. MERCADO. 1990. Analysis of the distribution of citrus greening in groves in the Philippines. In:Proc. 11th Conf. IOCV, 414-420.
- GRAFTON-CARDWELL, E.E., L.L. STELINSKI AND P.A. STANSLY. 2013. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. Annual Review Entomology 58:413-432.
- HALL, D.G AND M.G. HENTZ. 2011. Seasonal flight activity by the Asian citrus psyllid in east central Florida. Entomol Exp Appl. 139: 75-85.
- HALL, D.G., M. SÉTAMOU AND R.F. MIZELL. 2010. A comparison of sticky traps for monitoring Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). Crop Protection 29:1341-1346.
- HALL, D.G. AND M.G HENTZ. 2010. Sticky trap and stem-tap sampling protocols for the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). J. Econ. Entomol. 103:541-549.
- HALL, D.G. 2009. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adults *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). J. Econ. Entomol. 103:541-549.
- HALL, D.G., M.G. HENTZ AND R.C. ADAIR. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. Environmental Entomology. 37:914-924.
- HALL, D.G., M.G. HENTZ AND M.C. CIOMPERLINK. 2007. A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). Ann. Appl. Biol. 137:201-206.
- LEON, J.H., M. SETAMOU, G. A. GASTAMINZA, J. BUENAHORA, S. CACERES, P. T. YAMAMOTO, J. P. BOUVET AND G. A. LOGARZO. 2011. Two separate introductions of Asian citrus psyllid populations found in the American continents. Ann. Entomol. Soc. Am. 104:1392-1398.
- LEWIS-ROSENBLUM, H., X. MARTINI, S. TIWARI AND L.Z. STELINSKI. 2015. Seasonal movement patterns and long-range dispersal of Asian citrus psyllid in Florida citrus. J. Econ. Entomol. 1-8.
- MADDEN, L.V.; G. HUGHES AND F. VAN DEN BOSCH. 2007. The Study of Plant Disease Epidemics. St Paul, MN, USA, APS Press.
- MARQUES, R.N. 2011 Weedy hosts and prevalence of potential leafhopper vectors (Hemiptera: Cicadellidae): of a phytoplasma (16SrIX group) associated with Huanglongbing symptoms in citrus groves. Journal of Economic Entomology. 105:329-337.

- MASCHIO, F. 2011. Ações adotadas pelo citricultor para o manejo do Huanglongbing (HLB. Greening) no parque citrícola paulista. Dissertação (Mestrado), Araraquara: Fundecitrus, 1-22.
- MONTEIRO, A.B. 2013. Efeito de um pomar sem manejo de Huanglongbing sobre a ocorrência de *Diaphorina citri* e incidência de plantas doentes em uma área vizinha com manejo da doença. Dissertação (Mestrado), Araraquara: Fundecitrus, 1-47.
- MONZO, C., H.A. AREVALO, M.M. JANES, P. VANACLOCHA, S.D. CROXTON, J.A. QURESHI AND P.A. STANSLY. 2015. Sampling methods for detection and monitoring of the Asian citrus psyllid. *Environmental Entomology*. 1-9.
- NAVA, D.E., M.L.G. TORRES, M.D.L. RODRIGUES, J.M.S. BENTO AND J.R.P. PARRA. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem. Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology* 9:709-715.
- NETTO, I. 2016. CitrusBR: Press release CitrusBR (Análise da safra 2015/16). Disponível em: <http://www.citrusbr.com/download/Dados_processamento_safra2015-2016.pdf>. Acesso em 22 fev. 2017.
- NEVES, M.F., V.G. TROMBIN, P. MILAN, F.F. LOPES, F. CRESSONI AND R. KALAKI. 2010. Retrato da Citricultura Brasileira. MARKESTRAT: Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia, FEA-USP, Ribeirão Preto. 138p.
- PARRA, J.R.P., J.R.S. LOPES, M.L.G. TORRES, D.E. NAVA AND P.E.B. PAIVA. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. *Citrus Research & Technology* 1:37-51.
- PELZ-STELINSKI, K.S., R.H. BRLANSKY, T.A. EBERT AND M.A. ROGERS. 2010. Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 103:1531-1541.
- SÉTAMOU, M. AND D.W. BARTELS. 2015. Living on the edges: spacial niche occupation of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in citrus groves. *Plos One*. (doi:10.1371/journal.pone.0131917).
- SÉTAMOU, M., A. SANCHEZ, J.M. PATT, S.D. NELSON, J. JIFON AND E.S. LOUZADA. 2012. Diurnal patterns of flight activity and effects of light on host finding behavior of the Asian citrus psyllid. *J Insect Behav.* 25:264–276.
- TEIXEIRA, D.C., J.L. DANET, S. EVEILLARD, E.C. MARTINS, W.C. JESUS JR, P.T. YAMAMOTO, S.A. LOPES, R.B. BASSANEZI, A.J. AYRES, C. SAILLARD AND J.M. BOVÉ. 2005. Citrus Huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the *Candidatus Liberibacter* species associated with the disease. *Mol. Cell. Probes* 19:173-179.

- TEIXEIRA, D.C., N.A. WULF, S.A. LOPES, P.T. YAMAMOTO, M.P. MIRANDA, M.B. SPÓSITO, J. BELASQUE Jr AND R.B. BASSANEZI. 2010. Caracterização e etiologia das bactérias associadas ao huanglongbing. *Citrus Research & Technology* 2:115-128.
- TIWARI, S., H. LEWIS-ROSENBLUN, K. PELZ-STELINSKI AND L.L. STELINSKI. 2010. Incidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* infection in abandoned citrus occurring in proximity to commercially managed groves. *J. Econ. Entomol.* 103:1973-1978.
- TOMASETO, A.F., R. KRUGNER AND J.R.S. LOPES. 2015. Effect of plant barriers and citrus leaf age on dispersal of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Applied Entomology.* 140:91-102.
- TSAI, J.H., J.J. WANG AND Y.H. LIU. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomol.* 85:446-451.
- XU, C.F.; Y.H. XIA, K.B. LI AND C. KE. 1988. Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kywayama. *Proceedings, 10th Conference IOCV, 1986, 243-248.*