



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

THIAGO ZANONI BAGIO

**EPIDEMIOLOGIA DO HUANGLONGBING EM REGIÕES  
CITRÍCOLAS DO PARANÁ**

---

Londrina  
2015

**THIAGO ZANONI BAGIO**

**EPIDEMIOLOGIA DO HUANGLONGBING EM REGIÕES  
CITRÍCOLAS DO PARANA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri.

Londrina  
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

B145e Bagio, Thiago Zanoni.  
Epidemiologia do Huanglongbing em regiões citrícolas do Paraná / Thiago Zanoni Bagio. – Londrina, 2015.  
73 f.: il.

Orientador: Marcelo Giovanetti Canteri.

Coorientador: Rui Pereira Leite Junior.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Frutas cítricas – Doenças e pragas – Paraná – Teses. 2. Laranja – Doenças e pragas – Controle – Teses. 3. Bactérias fitopatogênicas – Teses. 4. Fitopatologia – Teses. I. Canteri, Marcelo Giovanetti. II. Leite Junior, Rui Pereira. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 632.35:634.3

THIAGO ZANONI BAGIO

**EPIDEMIOLOGIA DO HUANGLONGBING EM REGIÕES  
CITRÍCOLAS DO PARANA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Rui Pereira Leite Junior  
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

---

Prof. Dr. João Tavares Bueno  
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

---

Prof. Dr. William Mario de Carvalho Nunes  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Isabel Balbi-Peña  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Sérgio Ruffo Roberto  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina 20 de março de 2015.

***DEDICO***

*“À minha família, exemplo de vida, por todo amor demonstrado”*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, por minha família maravilhosa e pelos dons concedidos a mim.

Aos meus pais, que amo incondicionalmente, Dalésio Volpato Bagio e Adelaide Zanoni Bagio. Obrigado por vocês existirem. Obrigado por depositarem em mim a confiança para todas as horas.

Às minhas irmãs, Elisângela de Cassia Bagio Fernandes Silva, Graziela Zanoni Bagio, ao meu cunhado, Renato Fernandes Silva Júnior e sobrinhos Renan e Andrey, quero demonstrar todo o meu carinho.

Ao meu Orientador Professor Dr. Marcelo Giovanetti Canteri, pela disposição em me auxiliar e ensinar, dando sugestões e contribuindo para a realização deste trabalho.

Ao meu Co-orientador Pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná, Dr. Rui Pereira Leite Junior, pela confiança, amizade, ensinamentos e, acima de tudo, paciência e estímulos para continuar seguindo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela disponibilização de bolsa.

Ao Professor Dr. Seiji Igarashi, pela amizade.

À Weda Aparecida Westin, secretária do Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela paciência e amizade.

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) que me concedeu espaço e permissão para o desenvolvimento do meu trabalho.

A Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR) pelo apoio e fornecimento dos dados.

Aos Professores e Funcionários do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina.

A todos os meus Professores, da pós-graduação, obrigado por contribuírem para que meu sonho pudesse ser realizado.

A todos os meus professores da Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel, pelos grandes ensinamentos durante a minha graduação e em especial aos professores que me mostraram a fitopatologia com muito amor e dedicação, Dr. João Tavares Bueno, Dr. João Pereira Torres e M.Sc. Dirce Ribeiro de Moraes.

Em especial à Idenize Pedrina Orsini, pelas palavras de força, incentivo e consolo nos momentos em que precisei, pelo apoio físico e psicológico, pelo companheirismo, amizade, carinho e paciência durante todo esse tempo, obrigado por estar junto comigo em mais uma importante etapa da minha vida.

À família Orsini, em especial ao Reinaldo Orsini, Maria Aparecida Martins Orsini, Izabel Cristiane Orsini e Izael Cristiano Orsini, pela amizade e pelos momentos de descontração.

A todos os amigos que conquistei ao longo de minha vida. Vocês são essenciais, e sempre estarão presentes em meu coração.

Agradeço de coração, a todos do laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Londrina, e do Laboratório de Bacteriologia e Virologia do Instituto Agronômico do Paraná, pela ajuda e amizade.

Às Técnicas do Laboratório de Bacteriologia e Virologia do Instituto Agronômico do Paraná, Eliana Alves Favaro, Vanessa Sugahara e Maria de Fátima pela ajuda e paciência.

E ao grande Israel Aurora, auxiliar de campo, 'braço direito do Laboratório', que me ajudou infinitas vezes, obrigado.

E aos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”.*  
*Albert Einstein*

*"Tudo tem seu tempo e até certas manifestações mais vigorosas e originais entram em voga  
ou saem de moda. Mas a sabedoria tem uma vantagem: é eterna."*  
*altasar Gracián*

BAGIO, Thiago Zanoni. **Epidemiologia do huanglongbing em regiões citrícolas do Paraná** 2015. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

## RESUMO

O Huanglongbing (HLB) é a mais destrutiva doença cítrica do mundo. Está presente em importantes regiões citrícolas brasileiras desde 2004, quando foi inicialmente relatado no País. No Paraná foram adotadas medidas de contenção em todo o território estadual desde o primeiro relato em 2006. O HLB é uma doença regulamentada e, a inspeção dos pomares e a erradicação de plantas infectadas devem ser realizadas trimestralmente. Este estudo teve por objetivo analisar a incidência e evolução da doença nas principais regiões produtoras de laranja do Paraná, a partir de informações disponíveis no órgão de defesa fitossanitária do Estado. Relatórios de erradicação de plantas infectadas das regiões Norte e Noroeste do estado foram utilizados para compor um banco de dados compreendendo 208 propriedades. Os dados demonstraram que as principais regiões produtoras de laranja do Paraná apresentam diferenças no perfil das propriedades e também na incidência da doença. Para a região Norte, há predominância de pequenas e médias propriedades, sendo que 94% de propriedades possuem até 45 mil plantas. Nesta região, a maior incidência da doença ocorreu em propriedades com menos de cinco mil plantas, com aproximadamente 20% dessas propriedades apresentando incidência de HLB acima de 20% de plantas sintomáticas. Já a região Noroeste apresenta estrutura citrícola distinta, com 87% das propriedades enquadradas como médias e grandes, possuindo pomares com mais de 45 mil plantas. Entretanto, a maior incidência da doença também ocorreu em pequenas propriedades, com até cinco mil plantas. Aproximadamente 7% dessas propriedades apresentaram incidência de HLB superior a 20% de plantas sintomáticas. Com base nos modelos Logístico e de Gompertz, os pomares de grandes propriedades, acima de 70 mil plantas, atingirão 28% de incidência da doença em aproximadamente dez anos a partir da detecção da primeira planta sintomática. Este é o índice legal para eliminação total do talhão. Em contraste, o tempo necessário para atingir o mesmo índice é de aproximadamente 5 anos para propriedades pequenas, com até 5 mil plantas. O modelo de Gompertz foi o que melhor se ajustou aos dados, tanto para grandes como para pequenas propriedades.

**Palavras-chave:** *Candidatus Liberibacter* spp.. Greening. Manejo regional. *Citrus sinensis*

BAGIO, Thiago Zanoni. **Huanglongbing epidemiology in citrus regions in the Paraná state**. 2015. 72 p. Thesis (Doctorate in agronomy) – State University of Londrina, Londrina, Paraná, 2015.

### ABSTRACT

Huanglongbing (HLB), the most destructive disease for citrus production around the world, was first reported in Brazil in 2004. In Paraná, measures have been implemented to suppress the disease since 2006. As a quarentenary disease, regular inspections of the citrus groves and elimination of diseased trees are mandatory. This study was carried out to analyze the occurrence and evolution of HLB in the main sweet orange producing areas of Paraná, for the period from 2010 through 2014. Reports of the elimination of diseased citrus trees in the North and Northwest regions of Parana available in the state plant protection agency were used to organize a data bank comprising 208 citrus groves. Disease progress curves were adjusted by using the logistic and Gompertz statistical models. The data revealed that the two main sweet orange producing areas were very distinct in regard to grove sizes and also on HLB incidence. In the North region, small and medium size citrus groves were the predominant, with 94% of the groves with less than 45 thousand citrus trees. The highest disease incidence was on groves with less than 5,000 citrus trees, as close to 20% of these citrus groves had more than 20% of diseased trees. On the other hand, 87% of the groves in the Northwest region were medium and large in size, with more than 45 thousand citrus trees. The highest HLB incidence was also observed for small groves, below 5,000 trees. In this region, only 7% of the small groves had a disease incidence above 20% of symptomatic trees. Based on the Logistic and Gompertz statistical models, the large groves, with more than 70 thousand trees, will have a life span of 10 years since the detection of the first diseased trees, considering the legal threshold of 28% disease incidence for complete elimination of the citrus block. In contrast, small citrus groves, with less than 5,000 trees, will reach this incidence level in 5 years from detection of the first diseased tree. The Gompertz model provided the best adjustment of the disease data for both, small and large groves.

**Key-words:** *Candidatus Liberibacter* spp.. Greening disease. Regional management. *Citrus sinensis*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1	A CULTURA DOS CITROS .....	14
2.2	HUANGLONGBING.....	15
2.3	AGENTE CAUSAL DO HUANGLONGBING .....	16
2.4	TRANSMISSÃO E EPIDEMIOLOGIA .....	18
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	22
<b>3</b>	<b>ARTIGO: EPIDEMIOLOGIA DO HUANGLONGBING NA CITRICULTURA PARANAENSE</b> .....	28
	RESUMO .....	28
	ABSTRACT .....	29
	INTRODUÇÃO .....	30
	MATERIAL E MÉTODOS .....	33
	Fonte dos dados .....	33
	Processamento dos dados .....	34
	RESULTADOS .....	37
	Número e tamanho de propriedades, e quantidade de plantas cítricas avaliadas .....	37
	Incidência de HLB nas regiões Norte e Noroeste do Paraná.....	40
	Distribuição de propriedades citrícolas das regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná com base na incidência de HLB .....	44
	Taxa aparente de infecção e área abaixo da curva de progresso da incidência de HLB .....	45
	Estimativa do tempo para erradicação total de pomares .....	47
	DISCUSSÃO .....	52
	CONCLUSÕES .....	57
	AGRADECIMENTOS .....	57
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	58
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62
	<b>ANEXOS</b> .....	63

ANEXO A -	Formulário utilizado pelos produtores de citros do Estado do Paraná para apresentação à Agencia de Defesa Agropecuária do Paraná - ADAPAR do relatório semestral de vistorias de plantas cítricas em relação ao HLB. ....	64
<b>APÊNDICES</b>	.....	<b>65</b>
APÊNDICE A -	Total e proporção de propriedades avaliadas em relação à incidência de plantas com HLB nas regiões Norte e Noroeste do estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014. ....	66
APÊNDICE B -	Total e proporção de plantas cítricas de propriedades avaliadas em relação à incidência de HLB nas regiões Norte e Noroeste do estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014. ....	67
APÊNDICE C -	Proporção de propriedades com diferentes níveis de incidência de plantas com HLB na região Norte do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014. ....	68
APÊNDICE D -	Proporção de propriedades com diferentes níveis de incidência de plantas com HLB na região Noroeste do Estado do Paraná, durante o período de 2011 a 2014. ....	69
APÊNDICE E -	Incidência acumulada de plantas com HLB, estratificado por classe de propriedade com base no número de plantas cítricas, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014. ....	70
APÊNDICE F -	Incidência acumulada de plantas com HLB, estratificado por classes de propriedades com base no número de plantas cítricas, na região Norte do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014. ....	71
APÊNDICE G -	Incidência acumulada de plantas com HLB, estratificado por classe de propriedade com base no número de plantas cítricas, na região Noroeste do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014. ....	72

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de citros é superior a 115 milhões de toneladas, envolvendo uma área de aproximadamente 7,7 milhões de hectares (FAO, 2012). As laranjas compreendem em torno de 60 % de todos os citros produzidos e os diferentes tipos de tangerinas e seus híbridos representam 23 % desse total (FAO, 2012). O Brasil e os Estados Unidos têm sido responsáveis por mais de 90 % da produção mundial de laranja e de sucos concentrado congelado e ‘not from concentrate’ (NFC) dessa fruta (FAO, 2012). Entretanto, a safra de laranja para o ano de 2015 está estimada em 48,8 milhões de toneladas métricas, passando a se destacar como os principais produtores o Brasil e a China (USDA, 2015). Embora mais de 90 % dos citros produzidos para o mercado de frutas frescas seja consumido nos próprios países produtores, a região Mediterrânea se constitui na maior exportadora de frutos cítricos frescos, sendo que os principais importadores desses frutos são a Alemanha, França, Países Baixos e Reino Unido (FAO, 2012).

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, com uma área de aproximadamente 650 mil hectares (IBGE, 2014). Em 2014, foram produzidas mais de 14 milhões de toneladas da fruta no País, movimentado cerca de U\$ 2,0 bilhões de dólares (IBGE, 2014). Entretanto, o PIB da citricultura brasileira ultrapassa os U\$ 6,5 bilhões (NEVES et al., 2009). No Paraná são cultivados aproximadamente 29 mil hectares com laranja, e o Estado já ocupa o terceiro lugar na produção nacional, atrás somente de São Paulo e Bahia, e à frente de estados tradicionais na produção dessa fruta, como Rio Grande do Sul e Minas Gerais (IBGE, 2014). Cabe salientar que o Paraná possui a maior produtividade na produção de laranja, com aproximadamente 33 toneladas por hectares (IBGE, 2014).

As perdas de produção na citricultura são causadas por diversos fatores, incluindo pragas e doenças. Dentre as doenças que ocorrem na citricultura, o Huanglongbing (HLB), também conhecido como “Greening”, é certamente a mais devastadora. O HLB é uma doença de causa bacteriana, associada a três espécies de bactérias fastidiosas. No Brasil, foram relatadas duas espécies bacterianas associadas ao HLB, ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ (COLETTA-FILHO et al., 2004) e ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’ (TEIXEIRA et al., 2005), ambas no Estado de São Paulo. A terceira espécie, ‘*Candidatus Liberibacter africanus*’, encontra-se presente apenas no continente africano (BOVÉ, 2006).

Os sintomas de HLB em laranja doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) iniciam em ramos jovens e de forma localizada na copa das plantas. Folhas maduras apresentam amarelecimento desuniforme e assimétrico em relação à nervura central, denominado de

mosqueado. Posteriormente, os sintomas tornam-se generalizados na copa da planta cítrica. Os frutos também podem apresentar na casca o aspecto mosqueado. Entretanto, os sintomas mais característicos da doença nos frutos são o tamanho pequeno, formato assimétrico, abortamento de sementes, sabor amargo e baixo teor de sólidos solúveis. Os frutos de plantas cítricas com HLB são impróprios para indústria e também para o consumo *in natura* (BOVÉ, 2006; DAGULO et al., 2010).

As perdas causadas pelo HLB e as dificuldades em seu controle tornam esta doença mundialmente importante para a citricultura. Atualmente, não existem métodos terapêuticos para plantas infectadas pela bactéria, sendo assim, a única forma de controle é a prevenção da ocorrência da doença. Além disso, o HLB é uma doença quarentenária no Brasil, portanto, plantas hospedeiras infectadas devem ser prontamente erradicadas, como prevê a Instrução Normativa Nº 53, de 16 de outubro de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. A utilização de mudas sadias, a eliminação imediata de plantas doentes e o controle da população do inseto vetor é a base para o manejo do HLB e contribuem para retardar o progresso da doença dentro de um pomar e entre pomares vizinhos (BELASQUE JR. et al., 2009).

Para que as medidas de prevenção e controle do HLB sejam tomadas e aplicadas da maneira mais eficiente possível é importante o entendimento dos processos e fatores envolvidos na dispersão do patógeno e do seu inseto vetor, da infecção propriamente dita, e da manifestação dos sintomas, dentre outros. Estudos epidemiológicos vêm sendo realizados em diferentes regiões produtoras de citros (BASSANEZI et al., 2005; GOTTWALD; IREY; TAYLOR, 2009; GOTTWALD et al., 2009). Entretanto, os problemas legais e técnicos na manutenção de plantas infectadas por longos períodos de tempo no campo, sem qualquer medida de controle, dificulta o entendimento mais preciso dos aspectos epidemiológicos da doença.

O cenário da citricultura paranaense difere do principal Estado produtor de citros do Brasil, São Paulo, por apresentar grande número de pequenas propriedades, mas com um sistema cooperativista que permite a adoção de técnicas de manejo que tem auxiliado no estabelecimento de uma citricultura relativamente tecnificada e de alto rendimento produtivo. O sistema cooperativista também proporciona orientação técnica aos produtores e organiza as ações regionais de manejo do HLB. Além disso, as ações de defesa fitossanitária coordenadas pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR dão maiores suporte a todos esses esforços de prevenção e contenção do HLB no Paraná.

Em relação ao HLB, os citricultores paranaenses são obrigados a seguir as normas estabelecidas na Instrução Normativa Nº 53, de 16 de outubro de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Entre as normas previstas esta a obrigatoriedade aos produtores em realizar inspeções periódicas em seus pomares para identificar plantas cítricas contaminadas. Os relatórios elaborados pelos produtores, contendo o número de plantas cítricas doentes e eliminadas, são encaminhados semestralmente para a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR. Sendo assim, um estudo epidemiológico com base nesses relatórios pode possibilitar o estabelecimento das características epidemiológicas do HLB no Paraná, e desta forma contribuir na elucidação do comportamento da doença no Estado. O conhecimento destas características epidemiológicas do HLB tem grande importância para avaliar os esforços despendidos pelo setor privado e oficial na prevenção e contenção da doença no Estado, e no redirecionamento das medidas adotadas para possibilitar que a citricultura continue a ser uma atividade técnica e economicamente atrativa para o agronegócio paranaense.

Este estudo objetivou determinar os parâmetros epidemiológicos do HLB no Paraná através de uma visão geral sobre a distribuição e evolução do HLB em diferentes regiões citrícolas do Estado. Para esta análise epidemiológica foram utilizadas as informações disponíveis nos relatórios de vistoria de HLB encaminhados semestralmente pelos citricultores à ADAPAR, durante o período de janeiro de 2010 a julho de 2014.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A CULTURA DOS CITROS

O gênero *Citrus* pertence à família Rutaceae, que reúne mais dois gêneros com importância econômica, *Fortunella* e *Poncirus*. Os citros são oriundos do sudeste do continente asiático, com ramos filogenéticos que se estendem do Centro da China ao Japão, e do Leste da Índia à Nova Guiné, Austrália e África Tropical (SWINGLE; REECE, 1967; SCORA, 1975; SOOST; CAMERON, 1975).

Plantas cítricas foram introduzidas no Brasil pelos portugueses durante a colonização no século XVI, em meados do ano de 1530 (HASSE, 1987). Entretanto, foi na década de 1980, com mais de 1 milhão de hectares cultivados com plantas cítricas, que o país se tornou o maior produtor mundial de citros. Em 2009, a área colhida de laranja chegou a 833.667 mil hectares, com uma produção em torno de 449,5 milhões de caixas de 40,9 kg (IBGE, 2014). A maior parte desta produção destina-se à indústria de suco concentrado no Estado de São Paulo (NEVES, 2010).

A citricultura se tornou um dos setores mais competitivos e com maior potencial para crescimento dentro do agronegócio brasileiro. O agronegócio citrícola movimenta mais US\$ 2,0 bilhões por ano e gera mais de 400 mil empregos diretos e indiretos (NEVES, 2010). Entretanto, o PIB da citricultura brasileira ultrapassa os US\$ 6,5 bilhões (NEVES et al., 2009) e o Brasil tem uma participação de cerca de 80% no mercado mundial de suco de laranja. Além disso, o consumo de citros vem crescendo a taxas entre 2% a 4% ao ano, sendo que a última estimativa de aumento na produção de laranja no Brasil foi de 3,9% ao ano (IBGE, 2014; NEVES; JANK, 2006).

Pragas e doenças estão entre os principais problemas que ameaçam a citricultura, e que tem causado prejuízos aos produtores quando buscam a manutenção de bons rendimentos, basicamente pelo elevado custo para o controle fitossanitário (AMARO et al., 1997; AFONSO; SILVA, 1999; NEVES, 1999). Dragone et al. (2001) relataram que os gastos fitossanitários no manejo da clorose variegada dos citros, doença causada pela bactéria *Xylella fastidiosa*, para a formação de um pomar de citros nos quatro primeiros anos podem representar 44,9% do investimento total. O manejo do cancro cítrico no estado de São Paulo é baseado em um programa de erradicação de plantas contaminadas. Desde a introdução no Brasil em 1957 do seu agente causal, a também bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, a erradicação de plantas doentes tem sido a prática empregada na sua prevenção e controle em

São Paulo (BELASQUE JR, et al., 2009). Seja pela erradicação ou pelo manejo integrado do cancro cítrico (LEITE JR; MOHAN, 1990), o controle desta doença onera significativamente a produção de cítricos em todas as regiões onde está presente. No manejo do HLB, outra doença de causa bacteriana, são realizadas até mesmo pulverizações semanais com inseticidas em algumas propriedades para controle do psílido *Diaphorina citri* Kuwayama, inseto vetor da bactéria (BASSANEZI et al., 2010). Estas aplicações de inseticidas podem representar 40% do custo total de produção, apenas para conviver com a doença, (BASSANEZI et al., 2010).

## 2.2 HUANGLONGBING

O “Huanglongbing” (HLB) tem sua origem no sudeste asiático, da mesma maneira que seu principal hospedeiro, os citros. Os primeiros relatos sobre o HLB foram feitos na China em 1919, onde a doença foi descrita como ramo amarelo “*yellow shoot*” dos citros (GOTTWALD et al., 2007). Desde então, o HLB passou a receber diversas denominações em diferentes regiões do mundo, como “likubin” em Taiwan, “leaf mottling” nas Filipinas, “vein-phloem degeneration” na Indonésia e “greening” na África do Sul (BOVÉ, 2006).

O HLB é considerado uma das mais devastadoras doenças de citros em todo o mundo. No Brasil, a doença teve seu agente causal identificado primeiramente na região de Araraquara, estado de São Paulo, em 2004 (COLETTA FILHO et al., 2004). Contudo em 2008, a doença já havia sido constatada em todas as regiões citrícolas de São Paulo, com aproximadamente 24% dos pomares com pelo menos uma planta doente (BELASQUE JR et al., 2010). A incidência da doença tem sido mais elevada nas regiões centro e sul de São Paulo, que compreendem 39% das plantas cítricas do Estado (BELASQUE JR et al., 2010).

No Paraná, a primeira constatação da doença ocorreu em pomares no município de Altônia, região Noroeste do Estado, em 2006 (NUNES et al., 2010). Mesmo tendo sido tomadas diversas medidas de prevenção e controle, como o manejo de populações do psílido e eliminação imediata das plantas doentes, o progresso do HLB no Paraná não foi totalmente contido e a doença já se encontra em mais de 80 municípios (SEAB, 2012) A incidência da doença é predominante nas regiões Norte e Noroeste, onde se concentra as maiores áreas citrícolas do Estado (NUNES et al., 2010).

O HLB se caracteriza por uma série de sintomas que podem ser confundidos com problemas bióticos e abióticos. Plantas cítricas aparentemente sadias podem apresentar

sintomas iniciais de HLB em um único ramo, que se destaca na copa verde da planta pela presença de folhas amareladas, com mosqueamento assimétrico, ou seja, manchas irregulares verde claras ou amarelas, e clorose internerval, que pode evoluir para sintomas semelhantes às deficiências de Zn, Ca, B e Mn (BOVÉ, 2006). Frutos de plantas com HLB apresentam tamanho reduzido e formato assimétrico em relação ao eixo central, abortamento de sementes e coloração desuniforme (BOVÉ, 2006). A planta cítrica também apresenta redução do número de radículas, queda acentuada de folhas e frutos, e seca dos ramos a partir da extremidade (BOVÉ, 2006). Plantas infectadas com HLB tornam-se economicamente improdutivas em curto espaço de tempo, podendo chegar inclusive à morte em casos mais severos (BOVÉ, 2006).

### 2.3 AGENTE CAUSAL DO HUANGLONGBING

Bactérias associadas ao HLB, '*Candidatus*' *Liberibacter* spp., são fastidiosas e limitadas ao floema da planta hospedeira. Essas bactérias são gram-negativas e foram caracterizadas como membros da subdivisão alfa das proteobactérias (GARNIER et al. (1984; JAGOUEIX; BOVÉ; GARNIER, 1994). O tamanho da célula destas bactérias é de aproximadamente 930 nm de comprimento por 410 nm de largura, com membrana e parede celular de formato irregular e com diferentes espessuras (SHOKROLLAH et al., 2010). A espécie '*Candidatus* *Liberibacter asiaticus*' ou tipo Asiático está presente em regiões citrícolas da Ásia, África e Américas, enquanto que o '*Candidatus* *Liberibacter africanus*', tipo africano, está presente somente no continente africano (GARNIER et al., 1984; JAGOUEIX; BOVÉ; GARNIER, 1994). Já a espécie '*Candidatus* *Liberibacter americanus*' foi detectada somente no estado de São Paulo, Brasil, e no Texas, Estados Unidos (HAWKES 2013).

Os dois agentes causais do HLB, '*Ca. L. africanus*' e '*Ca. L. asiaticus*', podem ser distinguidos por sua sensibilidade à temperatura (LOPES et. al., 2009a). Por ser considerada sensível a altas temperaturas, a espécie africana ocorre em regiões mais frias (BOVÉ et al., 2013). Em condições controladas, os sintomas causados por '*Ca. L. africanus*' são mais pronunciados em temperaturas em torno de 22 a 24°C, e podem desaparecer quando a temperatura está entre 27 e 32°C. Plantas infectadas com a espécie asiática apresentam sintomas severos da doença nesses mesmos regimes de temperatura (BOVÉ et al., 1974), podendo manter expressão de sintomas em temperaturas de até 35°C (LOPES et al., 2009a).

Em 2005, os resultados negativos em testes diagnósticos de HLB para várias amostras com sintomas típicos da doença, coletadas na região de Araraquara, estado de São Paulo, levou à suspeita da presença de uma nova espécie da bactéria do HLB. Esta nova espécie da bactéria, denominada de ‘*Ca. L. americanus*’, é distinta das demais espécies de ‘*Ca. Liberibacter*’ associadas ao HLB por apresentar baixa similaridade genética, entre 98.4% e 96.0%, quando comparadas com as espécies ‘*Ca. L. asiaticus*’ e ‘*Ca. L. africanus*’, respectivamente (TEIXEIRA et al., 2005b).

Embora nas plantas cítricas a presença de ‘*Candidatus Liberibacter sp.*’ resulte em sintomas bastante evidentes da doença, a bactéria normalmente apresenta distribuição bastante irregular na planta cítrica e pode estar presente em baixas concentrações em uma determinada parte da planta (HUNG et al., 1999). Além do mais, a expressão dos sintomas da doença é relativamente lenta, podendo variar de 6 a 12 meses (HUNG et al., 2000).

As três espécies de ‘*Ca. Liberibacter*’ associadas ao HLB tem os *Citrus spp.* como principal hospedeiro, e com ocorrência geográfica definida: ‘*Ca. L. asiaticus*’ ocorre em países asiáticos, como China, Japão, Índia, Filipinas e Vietnã, entre outros, e em países das Américas, como Brasil, México, Cuba, Estados Unidos, e diversos outros da América Central e Caribe (COLETTA-FILHO et al., 2004; HALBERT, 2005; MARTÍNEZ et al., 2009). O ‘*Ca. L. africanus*’ é encontrado em países africanos, como a África do Sul e o Zimbábue (BOVÉ, 2006). Por último, ‘*Ca. L. americanus*’ foi detectada até hoje somente em São Paulo, Brasil (TEIXEIRA et al., 2005a) e no Texas, Estados Unidos (HAWKES, 2013).

Além de plantas do gênero *Citrus*, ‘*Ca. Liberibacter spp.*’ podem infectar e causar sintomas em plantas de outros gêneros e espécies da família Rutaceae, como *Microcitrus australasica*, *Swinglea glutinosa*, *Missionis atalantia*, *Clausena indica*, *Limonia acidissima*, *Balsamocitrus dawei*, *Aeglopsis chevalieria*, *Severinia buxifolia* e *Murraya paniculata*, e também em *Catharanthus roseus* (vinca) e *Nicotiana xanthii* (tabaco), sendo as duas últimas reportadas somente sob condições experimentais (ABDULLAH et al., 2009).

Recentemente, culturas das três espécies de ‘*Candidatus Liberibacter*’ foram tentativamente estabelecidas, sendo cultivadas no meio de cultura Liber A (SECHLER et al., 2009). Esse cultivo foi confirmado por PCR em tempo real e sequenciamento do DNA genômico. Esse foi o primeiro relato de cultivo *in vitro* das espécies ‘*Ca. L. asiaticus*’, ‘*Ca. L. africanus*’ e ‘*Ca. L. americanus*’ (SECHLER et al., 2009). Entretanto, outros investigadores tem tido dificuldades em reproduzir esses resultados.

A primeira identificação e confirmação da associação de uma bactéria como agente causal do HLB foi por microscopia eletrônica. Esta se baseou em duas características do organismo, localização exclusiva nos vasos do floema e presença de células típicas de bactéria com parede celular (BOVÉ, 2006). Ao longo dos anos, muitos estudos foram desenvolvidos para caracterização e identificação dessas bactérias. Hocquellet et al. (1997) desenvolveram sondas não radioativas para esse fim. As espécies presentes na Ásia e África foram diferenciadas pela sensibilidade à temperatura, e por propriedades genômicas e sorológicas (BOVÉ, 2006). Algumas regiões do genoma bacteriano têm sido utilizadas para estudar as diferentes espécies da bactéria do HLB, como a região intergênica 16S/23S, a qual apresenta 79,46% de homologia entre ‘*Ca. L. asiaticus*’ e ‘*Ca. L. africanus*’, a partir destas regiões foram obtidos *primers* para as duas espécies da bactéria (JAGOUÉIX; BOVÉ; GARNIER, 1997). Para a espécie ‘*Ca. L. americanus*’ foi obtida uma sequência a partir da região 16S rDNA, intermediária à aquela obtida para detecção das espécies asiática e africana, que originou *primers* específicos para a espécie americana da bactéria do HLB (TEIXEIRA, et al., 2005a).

#### 2.4 TRANSMISSÃO E EPIDEMIOLOGIA

A transmissão de ‘*Ca. Liberibacter spp.*’ associadas ao citros ocorre naturalmente nos pomares por meio de insetos vetores, mas pode também ser transmitida por enxertia de material propagativo contaminado (BOVÉ, 2006), e contaminação por parasitismo vegetal por *Cuscuta* sp. (BENYON et al., 2008). A transmissão de ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ e ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’ ocorre pelo psíldeo dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (BOVÉ, 2006). Este inseto é endêmico em todas as regiões citrícolas do Brasil e foi relatado no país antes da ocorrência da bactéria do HLB (SILVA et al., 1968). Até então, o psíldeo dos citros não representava um problema para a citricultura brasileira, devido aos baixos danos causados por sua alimentação feita nas brotações novas das plantas cítricas (SILVA et al., 1968).

A identificação do psíldeo africano *Trioza erytrae* Del Guercio e o psíldeo asiático *D. citri* Kuwayama como vetor do ‘*Candidatus Liberibacter spp.*’ foi feita nas Filipinas por Salibe e Cortez (1966), sendo este conhecido como o meio mais importante de disseminação da bactéria em condições naturais (OBERHOLZER; HOFMEYR, 1955). O psíldeo africano é o vetor da forma africana da bactéria do HLB na África, e o psíldeo dos citros ou asiático é o vetor de ‘*Ca. L. asiaticus*’ na Ásia e de ‘*Ca. L. asiaticus*’ e ‘*Ca.*

americanus' nas Américas (BOVÉ, 2006). Entretanto, ambas as espécies de psilídeos podem transmitir os dois patógenos (LALLEMAND; FOS; BOVÉ, 1970). No entanto, ainda não se tem conhecimento se esta infecção pode ser simultânea (GARNIER et al., 2000).

*Diaphorina citri* é um pequeno inseto medindo, quando adulto, cerca de 2 mm de comprimento, com coloração marrom-claro na fase jovem e manchado de escuro quando adulto, e com asas transparentes contendo manchas pretas (GALLO et al., 1988). As formas jovens do inseto são achatadas, pouco convexas e apresentam pernas curtas (GALLO et al., 1988). As ninfas mais evoluídas possuem tecas alares geralmente largas, do lado do tórax, que aumentam a largura do corpo (GALLO et al., 1988).

Adultos de *D. citri* são capazes de adquirir o patógeno de plantas infectadas (CAPOOR; RAO; VISWANATH, 1974; ZHAO, 1981; XU, et al., 1987), no entanto o tempo de aquisição pode variar de 15 a 30 minutos (OBERHOLZER; HOFMEYR, 1955; CAPOOR; RAO; VISWANATH, 1974) ou de 5 a 7 horas (XU et al., 1987). Longos períodos de alimentação conferem ao inseto alta infectividade (GRAÇA, 1991). Ninfas de *D. citri* a partir do quarto instar são capazes de adquirir e reter o patógeno até a fase adulta, quando passam a transmitir a bactéria imediatamente após a emergência (CAPOOR; VISWANATH, 1974; ZHAO, 1981), por um período de 1 a 25 dias (XU et al. 1987). O período de latência do patógeno no inseto pode variar de 24 horas (XU et al., 1987) até 21 dias (CAPPOR; RAO; VISWANATH, 1974). Hung et al., (2004) observaram um longo período de retenção da espécie asiática da bactéria em adultos de *D. citri*, após a aquisição em plantas infectadas.

A taxa de transmissão da bactéria por *D. citri* pode variar de 1 a 100% (XU et al., 1987), sendo que alguns estudos indicam que períodos curtos de alimentação são suficientes para que ocorra a transmissão (RAYCHAUDHURI et al., 1972). Entretanto, outros autores indicam a necessidade de um período mínimo de 5 horas de alimentação para que ocorra transmissão da bactéria (XU et al., 1987). Apesar da transmissão por inseto ser a que ocorre naturalmente nos pomares, vários estudos experimentais, como reação do hospedeiro ao patógeno, gama de hospedeiros e agressividade do patógeno, métodos artificiais de transmissão da bactéria tem sido utilizados em estudos em função da facilidade operacional e também da maior eficiência na transmissão. Lopes e Frare (2008) alcançaram eficiência de transmissão para '*Ca. L. americanus*' em torno de 25 a 65,2 %, quando utilizaram como fonte de inóculo borbulhas de 4 cm de comprimento removidas de ramos sintomáticos no inverno e verão, respectivamente. Entretanto, a eficiência de transmissão de *Ca. L. asiaticus* por borbulhas pode ser maior, chegando a 88% (LOPES et al., 2009b).

A presença do inseto dificulta o controle do HLB, uma vez que quando infectivos, o psilídeo é fonte de inóculo primário potencial para disseminação da bactéria dentro do próprio pomar e também para pomares em propriedades vizinhas (BELASQUE et al., 2009). Pomares abandonadas são importantes fontes constantes de insetos infectivos, o que obriga os produtores a realizarem inúmeras pulverizações nas bordaduras dos talhões próximos a vizinhos que não manejam adequadamente a doença e o inseto (BELASQUE et al., 2009). Frente a este cenário, o controle regional do psilídeo, aliado á erradicação de plantas contaminadas, têm aumentado a eficiência de controle do HLB no estado de São Paulo (BELASQUE et al., 2009).

O psilídeo *D. citri* tem como hospedeiros primários espécies cítricas e outras plantas da família Rutaceae, como a murta ou falsa murta (*Murraya paniculata*) (HALBERT; MANJUNATH, 2004). Embora a movimentação seja limitada pelo voo curto, o inseto pode ser levado a longas distâncias por correntes de vento, o que torna o estabelecimento de HLB em novas áreas, distante da fonte de inóculo, difícil de ser evitado.

Estudo sobre a dispersão espacial e mesmo temporal do HLB é uma tarefa difícil de ser realizada devida á forma severa com que a doença ocorre. Além disso, não há áreas onde possa ser observada a evolução da doença na ausência de medidas de controle, visto que esta condição colocaria em risco a citricultura local e também esbarra na legislação nacional de prevenção e contenção da doença (Instrução Normativa no. 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA). Outra dificuldade é a sazonalidade no aparecimento dos sintomas, os quais são mais frequentes no final do verão e alcançam o nível máximo no inverno (BASSANEZI et al., 2010). Esta situação é inversa à população do inseto vetor, que é maior no verão e menor no inverno. Isto implica em maiores chances de infecção no verão, e maior número de plantas sintomáticas no inverno, o que torna variável a proporção entre plantas sintomáticas e assintomáticas durante o ano (BASSANEZI et al., 2010). Apesar disto, a presença do vetor durante o ano todo obriga a realização de inspeções periódicas nos pomares cítricos.

Estudos tem mostrado que pomares jovens tendem a ter um progresso da doença mais rápido do que pomares com mais de cinco anos de idade. Esta diferença pode ser explicada pela maior quantidade de fluxos vegetativos durante o ano em plantas jovens do que em plantas adultas, o que é mais atrativo para o inseto vetor (BASSANEZI; BASSANEZI, 2008). Um pomar com HLB pode se tornar economicamente inviável dentro de três anos após a constatação das primeiras plantas doentes, porém depende de vários fatores, como idade das plantas infectadas, intensidade do manejo como erradicação de plantas infectadas e controle

do inseto vetor, e distancia de outras fontes de inóculo (BASSANEZI et al., 2010). Em função do rápido aumento da doença nos talhões, geralmente o pomar se torna improdutivo e acaba sendo eliminado antes que ocorram altas incidências da doença. Desta maneira, os modelos Logístico e de Gompertz são aqueles que têm apresentado melhor ajuste ao progresso da doença (GOTTWALD et al., 1989; BASSANEZI et al., 2005; GOTTWALD et al., 2007).

O efeito bordadura, caracterizado por uma concentração de plantas infectadas no perímetro dos talhões ou propriedades, é uma característica desta doença, observada tanto no Brasil como nos Estados Unidos (BASSANEZI et al., 2005; GOTTWALD; IREY, 2008). Esta característica está relacionada claramente à infecção primária da doença, que é aquela vinda de fora da propriedade, e que demonstra a migração do inseto vetor de uma área para outra. Em uma estimativa da dispersão do HLB, Gottward et al. (2007) observaram valores medianos de dispersão do inseto vetor, em torno de 1,5 km, sugerindo uma dispersão regional do psilídeo asiático. Entretanto, a agregação local de plantas sintomáticas dentro dos talhões é pouco observada em situações extremas de incidência da doença. Focos secundários, a partir de plantas já afetadas pelo HLB, foram encontrados associados com focos principais, a uma distancia de 25 a 50 metros, em condições de incidência intermediária da doença (GOTTWALD et al., 1989; GOTTWALD et al., 1991; BASSANEZI et al., 2005; IREY et al., 2006). As infecções dentro do talhão são provavelmente oriundas de insetos infectados dentro do próprio talhão, que migra da planta fonte em curtas distâncias, caracterizando uma infecção secundária. Essas infecções podem ser mitigadas pela aplicação de inseticidas no manejo do inseto vetor. Entretanto, infecções primárias são mais difíceis de serem interceptadas, uma vez que o inóculo é externo à propriedade e muitas vezes a infecção ocorre antes da morte do inseto pela aplicação de inseticida. A partir destas informações, há evidências de que propriedades que realizam o manejo do HLB, mas que estão próximas de propriedades que não o fazem, estão sujeitas à uma forte pressão de inóculo primário e terão maiores dificuldades em controlar a doença (BELASQUE et al., 2009).

## REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, T. L.; SHOKROLLAH, H.; SIJAM, K.; ABDULLAH, S. N. A. Control of Huanglongbing (HLB) disease with reference to its occurrence in Malaysia. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, p. 4007-4015, 2009.
- AFONSO, A. C.; SILVA, M. M. Laranja: custo de produção. In: ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA: **Agrianual 2000**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, p. 302-303, 1999.
- AMARO, A. A.; MAIA, M. L.; GONZALES, M. A. Efeitos econômicos decorrentes da clorose variegada dos citros. In: **Clorose Variegada dos Citros**. Bebedouro: Fundecitrus/E.E. Citricultura de Bebedouro, p. 123-135, 1997.
- BASSANEZI, R. B.; BASSANEZI, R. C. An approach to model the impact of huanglongbing on citrus yield. 2008. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando, p. 301-304, 2008.
- BASSANEZI, R. B.; BUSATO, L. A.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; GOTTWALD, T. R. Preliminary spatial pattern analysis of huanglongbing in São Paulo, Brazil. In: Hilf ME, Duran-Vila N & Rocha-Peña MA (Eds.) Proc. 16th Conference of International Organization of Citrus Virologists, University of California, Riverside. p. 341-355, 2005.
- BASSANEZI, R. B.; LOPES, S. A.; BELASQUE JR, J.; SPÓSITO, M. B.; YAMAMOTO, P. T.; MIRANDA, M. P.; TEIXEIRA, D. C.; WULFF, N. A. Epidemiologia do Huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Tecnology**. Cordeirópolis, v. 31, n. 1, p. 11-23, 2010.
- BELASQUE JR, J.; BARBOSA, J. C.; MASSARI, C. A.; AYRES, A. J. Incidência e distribuição do Huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v.31, n.1, p.1-9, 2010.
- BELASQUE JR, J. B.; BERGAMIN FILHO, A.; BASSANEZI, R. B.; BARBOSA, J. C.; FERNANDES, N. G.; YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; MACHADO, M. A.; LEITE JR, R. P.; AYRES, A. J.; MASSARI, C. A. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, 2009.
- BENYON, L.; ZHOU, L.; DUAN, Y.; POWELL, C.; GOTTWALD, T. R. Improved detection of low-titer, non-lethal, seed transmitted *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Citrus, Periwinkle and Dodder using nested PCR. **International Research of Citrus Huanglongbing**. Proceedings Dec, p. 120-123, 2008.
- BOVÉ, J. Heat-tolerant Asian HLB meets heat-sensitive African HLB on the Arabian Peninsula. Why? **3<sup>rd</sup> International research conference on Huanglongbing**. Orlando, Florida, USA. 2013.

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

BOVÉ, J. M.; CALAVAN, E. C.; CAPPOR, S. P.; CORTEZ, R. E.; SCHWARZ, R. E. Influence of temperature on symptoms of California stubborn, South Africa greening, India Citrus Decline, and Philippines leaf mottling diseases. **6<sup>th</sup> Conference of International Organization of Citrus Virologists**, Richmond, p. 12-15, 1974.

CAPOOR, S. P.; RAO, D. G.; VISWANATH, S. M. Greening disease of citrus in the Deccan Trap Country and its relationship with the vector, *Diaphorina citri* kuwayama. **6<sup>th</sup> Conference of the International Organization of Citrus Virologists**, University of California Richmond. p. 43-49, 1974

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

DAGULO, L.; DANYLUK, M. D.; SPANN, T. M.; VALIM, M. F.; GOODRICH-SCHNEIDER, R.; SIMS, C.; ROUSEFF, R. Chemical characterization of orange juice from trees infected with citrus Greening (Huanglongbing). **Journal of Food Science**. v. 75, n. 2, p. 199-207, 2010.

DRAGONE, D. S.; RAMOS, C. C.; MELARATO, M.; NEVES, E. M. Custo de formação de pomares em presença de Clorose Variegada de Citros: estudos de caso. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 1, p. 39-48, 2001.

FAO. Production of orange. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em: jan. 2015.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; DE BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D. **Manual de entomologia agrícola**. ed. 2, Ceres, p.649, 1988.

GARNIER, M.; DANIEL, N.; BOVE, J. M. The organism is a gram-negative bacterium. **9<sup>th</sup> Conference of the International Organization of Citrus Virologists**. Riverside, University of California, p. 115–124, 1984.

GARNIER, M.; JAGOUEIX-EVEILLARD, S.; CRONJE, P. R.; ROUX, H. F.; BOVÉ, J. M. Genomic characterization of a *Liberibacter* present in ornamental rutaceous tree, *Calodendrum capense*, in the Western Cape Province of South Africa. Proposal of '*Candidatus Liberibacter africanus* subsp. *Capensis*'. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, n. 50, p. 2119-2125, 2000.

GOTTWALD, T. R.; AUBERT, B.; ZHAO, X.Y. Preliminary analysis of citrus greening (Huanglongbing) epidemics in the People's Republic of China and French Reunion Island. **Phytopathology**, v. 79, p. 687-693, 1989.

GOTTWALD, T. R.; DA GRAÇA, J. V.; BASSANEZI, R. B. Citrus Huanglongbing: The pathogen and its impact. Online. **Plant Health Progress**, 2007.

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

GOTTWALD, T. R.; IREY, M.; TAYLOR, E. HLB survival analysis – A spatiotemporal assessment of the threat of an HLB-positive tree to its neighbors. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando. p. 291-295, 2009.

GOTTWALD, T. R.; PARNELL, S.; TAYLOR, E.; POOLE, K.; HODGE, J.; FORD, A.; THERRIEN, L.; MAYO, S.; IREY, M. Within-tree distribution of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando. p. 310-313, 2009.

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

HALBERT, S.E. The discovery of huanglongbing in Florida. **Proceeding of the second International Citrus Canker and Huanglongbing Research Workshop**. Florida Citrus Mutual. Orlando, p. H-3, 2005.

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

HASSE, G. **A laranja no Brasil 1500-1987**. São Paulo: Edição de Duprat; Iobe Propaganda, 1987. 296p.

HAWKES, L. New strain of HLB disease found in south Texas citrus grove. Southwest farm press, 2013. Disponível em: <http://southwestframpress.com/orchard-crops/new-strain-hlb-disease-found-south-texas-citrus-grove>.

HOCQUELLET. A.; BOVÉ, J. M.; GARNIER, M. Production and evaluation of non radioactive probes for the detection of two ‘*Candidatus Liberobacter*’ species associated with citrus huanglongbing (greening). **Molecular and Cellular Probes**, v. 11, p. 433-438, 1997.

HOCQUELLET. A.; TOORAWA, P.; BOVÉ, J. M.; GARNIER, M. Detection and identification of the two ‘*Candidatus Liberibacter*’ species associated with citrus huanglongbing by PCR amplification of ribosomal protein genes of the b operon. **Molecular and Cellular Probes**, v. 13, p. 373–379, 1999.

HUNG, T.F.; HUNG, S.C.; CHEN, C.N.; HSU, M.H.; SU, H.J. Detection by PCR of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’, the bacterium causing citrus huanglongbing in vector psyllids: application to the study of vector-pathogen relationships. **Plant Pathology**, Oxford, n. 53, p. 96-102, 2004.

HUNG, T.H.; WU, M.L.; SU, H.J. Development of a rapid method for the diagnosis of citrus greening disease using the Polymerase Chain Reaction. **Journal of Phytopathology**, v. 147, p. 599- 604, 1999.

- HUNG, T. H.; WU, M. L.; SU, H. J. Identification of alternative hosts of the fastidious bacterium causing citrus greening disease. **Journal of Phytopathology**, v. 148, p. 321- 326, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 28, n. 12, p. 1-88, dezembro.2014
- IREY, M. S.; GAST, T.; GOTTWALD, T. R. Comparison of visual assessment and polymerase chain reaction assay testing to estimate the incidence of the Huanglongbing pathogen in commercial Florida citrus. In: **Proceedings Florida State of Horticultural Society**. p. 89-93, 2006.
- JAGOUÉIX, S.; BOVÉ, J. M.; GARNIER, M. The phloem limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the alpha subdivision of the *Proteobacteria*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 44, p.3 79-386, 1994.
- JAGOUÉIX, S.; BOVÉ, J. M.; GARNIER, M. Comparison of the 16S/23S ribosomal intergenic regions of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' and '*Candidatus Liberibacter africanus*', the two species associated with citrus huanglongbing (greening) disease. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 47, n. 1, p. 224- 227, 1997.
- LALLEMAND, J.; FOS, A.; BOVÉ, J. M. Transmission de La bacterie associe à la forme africaine de la maladie du greening de stubborn, ou dès maladies similaires. **Fruits**, Montpellier, v. 25, p. 455-465, 1970.
- LEITE JR, R. P.; MOHAN, S. K. Integrated management of the citrus bacterial canker disease caused by *Xanthomonas campestris* pv. *citri* in the State of Paraná, Brazil. **Crop Protection**, v. 9, p. 3-7, 1990.
- LOPES, S. A.; FRARE, G. F. Graft transmission and cultivar reaction of citrus to '*Candidatus Liberibacter americanus*'. **Plant Disease**, v. 92, n. 1, p. 21-24, 2008.
- LOPES, S. A.; FRARE, G. F.; BERTOLINI, E.; CAMBRA, M.; FERNANDES, N. G.; AYRES, A. J.; MARIN, D. R.; BOVÉ, J. M. Liberibacters associated with citrus huanglongbing in Brazil: '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' is heat tolerant, '*Ca. L. americanus*' is heat sensitive. **Plant Disease**, v. 93, p. 257-262, 2009a.
- LOPES, S. A.; BERTOLINI, E.; FRARE, G. F.; MARTINS, E. C.; WULFF, N. A.; TEIXEIRA, D. C.; FERNANDES, N. G.; CAMBRA, M. Graft Transmission efficiencies and multiplication of '*Candidatus Liberibacter americanus*' and '*Ca. Liberibacter asiaticus*' in citrus plants. **Phytopathology**, v. 99, n. 3, p. 301-306, 2009b.
- MARTÍNEZ, Y.; LLAUGER, R.; BATISTA, L.; LUIS, M.; IGLESIA, A.; COLLAZO, C.; PEÑA, I.; CASÍN, J.C.; CUETO, J.; TABLADA, L. M. First report of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' associated with Huanglongbing in Cuba. **Plant Pathology**. v. 58, p. 389, 2009
- NEVES, E. M. Motivos de otimismo. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 12, p. 36-38, dez. 1999.

- NEVES, M. F.; JANK, M. S. Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: a agenda 2015. **Laranja**. São Paulo, 2006.
- NUNES, W. M. C.; SOUZA DE, E. B.; LEITE JR, R. P.; SALVADOR, C. A.; RINALDI, D. A.; FILHO, J. C.; PAIVA, P. G. Plano de ação para o controle de Huanglongbing no Estado do Paraná, Brasil. **Citrus Research & Tecnology**, v. 31, n. 2, p. 169-177, 2010.
- NUNES, W. M. C.; ZANUTTO C. A.; RINALDI D. A. M. F.; CROCE FILHO J.; AZEVEDO M. L.; LEITE JÚNIOR R. P.; COLETTA FILHO H. D.; VICENTINI S.; NUNES M. J. C. Primeira constatação de Huanglongbing em pomar comercial de citros no Estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 1094, p. 327, 2007
- OBERHOLZER, P. C. J.; HOFMEYR, J. D. J.; The nature and control of clonal senility in commercial varieties of citrus in South Africa. **Bulletin**, Pretoria, p. 46, 1955.
- RAYCHAUDHURI, S. P.; NARIANI, T. K.; LELE, V. C. SINGH, G. R. Greening and citrus decline in India. **5<sup>th</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTIS**, Swaziland. p. 35-37, 1972.
- SALIBE, A. A.; CORTEZ, R. E. Studies on the leaf mottling disease of citrus in the Philippines. **FAO Plant Protection Bulletin**, Rome, v. 14, p. 141-144, 1966.
- SCORA, R.W. On the history and origin of Citrus. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 102, p. 369-375, 1975.
- SECHLER, A.; SCHUENZEL, L.; COOKE, P.; THAVEECHAI, D. N.; POSTNIKOVA, E.; STONE, A. L.; SHNEIDER, W. L.; DAMSTEEGT, V. D.; SCHAAD, N. W. Cultivation of 'Candidatus Liberibacter asiaticus', 'Ca. L. africanus', and 'Ca. L. americanus' associated with Huanglongbing. **Phytopathology**, v. 99, n. 5, p. 408-486, 2009.
- SHOKROLLAH, H.; ABDULLAH, T. L.; SIJAM, K.; ABDULLAH, S. N. A. Ultrastructures of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' and its damage in Huanglongbing (HLB) infected citrus. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 5897-5901, 2010.
- SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Seus parasitos e predadores, Parte 2, insetos, hospedeiros e inimigos naturais. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. 1968.
- SOOST, R. K.; CAMERON, J. W. Citrus. In: JANICK, J.; MOORE, J. N. **Advances in Fruit Breeding**. West Lafayette: Purdue University Press, 1975. p. 507-540.
- SWINGLE, W. T.; REECE, P. C. The botany of citrus and its wild relatives. In: REUTHER, W.; WEBBER, H.J.; BATCHELOR, L.D. (Ed.). **The citrus industry**. Riverside: University of California, 1967. v. 1, p. 190-430.
- TEIXEIRA, D. C.; DANET, J. L.; EVEILLARD, S.; MARTINS, E. C.; JESUS JUNIOR, W. C.; YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; BASSANEZI, R. B.; AYRES, A. J.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J. M. Citrus Huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the

'*Candidatus*' Liberibacter species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, v. 19, p. 173-179, 2005a.

TEIXEIRA, D. C.; SAILLARD, C.; EVEILLARD, S.; DANET, J. L.; COSTA, P. I.; AYRES, A. J.; BOVÉ, J. M. '*Candidatus* Liberibacter americanus', associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 55, p. 1857-1862, 2005b.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Citrus: World Markets and Trade. **Foreign Agricultural Service**. January 2015. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>>. Acesso em jan. 2015.

XU, C. F.; XIA, Y. H.; LI, K. B.; KE, C. Further study on the transmission of citrus huanglongbing by psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama. In: **Proceeding of the Conference Of The International Organization Of Citrus Virologists**. Riverside. p. 24-32, 1987.

ZHAO, X. Y. Citrus yellow shoot disease (huanglongbing) - a review. **International Society of Citriculture**, Tokyo, p. 466-467, 1981.

### 3 ARTIGO: EPIDEMIOLOGIA DO HUANGLONGBING NA CITRICULTURA PARANAENSE

*Epidemiology of citrus Huanglongbing in Paraná State*

**Thiago Zanoni Bagio<sup>1,2\*</sup>, Marcelo Giovanetti Canteri<sup>3</sup>, Rui Pereira Leite Jr.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Doutorado, Universidade Estadual de Londrina, PR. <sup>2</sup>Bolsista CAPES. <sup>3</sup>Docente, Universidade Estadual de Londrina, CEP: 86051-990, CP. 6001, Londrina, PR. <sup>4</sup>Pesquisador, Instituto Agrônomo do Paraná, CEP: 86047-902, CP. 481, Londrina, PR \* [bagio.t.z@gmail.com](mailto:bagio.t.z@gmail.com)

#### RESUMO

O Huanglongbing (HLB) é a mais destrutiva doença cítrica do mundo. Está presente nos principais pomares brasileiros desde 2004, quando foi relatado no país pela primeira vez. No Paraná, medidas de contenção tem sido adotadas em todo território estadual desde 2006. Por ser uma doença regulamentada, inspeções periódicas dos pomares e erradicação de plantas infectadas devem ser realizadas e informadas às autoridades fitossanitárias competentes. A partir dos dados disponíveis nos órgãos fiscalizadores do Estado, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o progresso do HLB nas principais regiões produtoras de laranja do Paraná durante o período de 2010 a 2014, utilizando modelos epidemiológicos. Foram utilizadas para calcular a incidência e o progresso da doença nas regiões Norte e Noroeste do Estado informações contidas nos relatórios de inspeções e erradicações fornecidos pelos produtores, compondo assim um banco de dados. Os modelos epidemiológicos Logístico e de Gompertz foram utilizados para determinar o progresso do HLB nas diferentes regiões estudadas. Para a região Norte do Estado foi observada predominância de pequenas e médias propriedades, compreendendo 94% de propriedades com até 45 mil plantas. A maior incidência da doença nessa região ocorreu em propriedades com menos de cinco mil plantas, com aproximadamente 20% das propriedades apresentando incidências de HLB acima de 20% de plantas doentes. Por outro lado, a região Noroeste se caracterizou por apresentar 87% de propriedades médias e grandes, acima de 45 mil plantas. A maior incidência da doença também ocorreu em pequenas propriedades, com até cinco mil plantas. Nessa região, somente 7% das propriedades apresentaram incidência maior que 20%. Com base nos modelos Logístico e de Gompertz, os pomares de grandes propriedades, acima de 70 mil plantas, atingirão 28% de incidência da doença em aproximadamente dez anos a partir da detecção da primeira planta sintomática. Este é o índice legal para eliminação total do talhão. Em contraste, o tempo necessário para atingir o mesmo índice é de aproximadamente 5 anos para propriedades pequenas, com até 5 mil plantas. O modelo de Gompertz foi o que melhor se ajustou aos dados, tanto para grandes como para pequenas propriedades.

**Palavra chave:** *Candidatus Liberibacter* spp., Greening, Manejo regional.

## ABSTRACT

Huanglongbing (HLB), the most destructive disease for citrus production around the world, was first reported in Brazil in 2004. In Paraná, measures have been implemented to suppress the disease since 2006. As a quarentenary disease, regular inspections of the citrus groves and elimination of diseased trees are mandatory. This study was carried out to analyze the occurrence and evolution of HLB in the main sweet orange producing areas of Paraná, for the period from 2010 through 2014. Reports of the elimination of diseased citrus trees in the North and Northwest regions of Parana available in the state plant protection agency were used to organize a data bank comprising 208 citrus groves. Disease progress curves were adjusted by using the logistic and Gompertz statistical models. The data revealed that the two main sweet orange producing areas were very distinct in regard to grove sizes and also on HLB incidence. In the North region, small and medium size citrus groves were the predominant, with 94% of the groves with less than 45 thousand citrus trees. The highest disease incidence was on groves with less than 5,000 citrus trees, as close to 20% of these citrus groves had more than 20% of diseased trees. On the other hand, 87% of the groves in the Northwest region were medium and large in size, with more than 45 thousand citrus trees. The highest HLB incidence was also observed for small groves, below 5,000 trees. In this region, only 7% of the small groves had a disease incidence above 20% of symptomatic trees. Based on the Logistic and Gompertz statistical models, the large groves, with more than 70 thousand trees, will have a life span of 10 years since the detection of the first diseased trees, considering the legal threshold of 28% disease incidence for complete elimination of the citrus block. In contrast, small citrus groves, with less than 5,000 trees, will reach this incidence level in 5 years from detection of the first diseased tree. The Gompertz model provided the best adjustment of the disease data for both, small and large groves.

**Key-words:** *Candidatus Liberibacter* spp., Greening disease, Regional management.

## INTRODUÇÃO

O estado do Paraná possui aproximadamente 29 mil hectares cultivados com laranja, e é o terceiro maior produtor do país, atrás somente de São Paulo e Bahia (IBGE, 2014). O Paraná está à frente de estados tradicionais na produção dessa fruta, como Rio Grande do Sul e Minas Gerais (IBGE, 2013). Cabe salientar que é o Estado que possui a maior produtividade brasileira de laranja, com aproximadamente 33 toneladas por hectares (IBGE, 2014).

As perdas de produção na citricultura estão normalmente associadas à fatores edafoclimáticos e biológicos, como pragas e doenças. Dentre as doenças que acometem as plantas cítricas, o Huanglongbing (HLB), também conhecido como “Greening”, é certamente a mais devastadora. O HLB é causado por bactérias, sendo que três espécies estão associadas a esta doença, ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’, ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ e ‘*Candidatus Liberibacter africanus*’ (COLETTA-FILHO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2005; BOVÉ, 2006). No Brasil, duas espécies foram relatadas ocorrendo nos pomares citrícolas, ‘*Ca. Liberibacter asiaticus*’ e ‘*Ca. Liberibacter americanus*’ (COLETTA-FILHO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2005). No Paraná, somente ‘*Ca. Liberibacter asiaticus*’, a forma asiática da bactéria, foi reportada causando o HLB (NUNES et al., 2007).

Os sintomas de HLB em laranja doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) tem início em ramos jovens e de forma localizada na copa das plantas cítricas. Folhas maduras apresentam amarelecimento desuniforme e assimétrico em relação à nervura central, denominado de mosqueado (BOVÉ, 2006). Em seguida, esses sintomas se tornando generalizados em toda a copa da planta cítrica. Os frutos também apresentam sintomas da doença, com aspecto mosqueado e coloração invertida, tamanho pequeno e formato assimétrico, sementes abortadas, e suco com sabor amargo e baixo teor de sólidos solúveis (BOVÉ, 2006). Além disso, esses frutos são impróprios para o processamento industrial e também para o consumo *in natura* (BOVÉ, 2006; DAGULO et al., 2010).

As perdas causadas pelo HLB não se restringem à qualidade dos frutos. A produção das plantas doentes é reduzida e essas plantas se tornam economicamente improdutivas poucos anos após a manifestação dos primeiros sintomas da doença (BOVÉ, 2006). A severidade dos sintomas e as dificuldades para o seu controle, tornam o HLB uma doença mundialmente importante e devastadora para a citricultura. Atualmente, não existe qualquer método terapêutico para plantas infectadas pela bactéria, sendo assim, a única forma de controle é a prevenção e eliminação das plantas doentes (BELASQUE JR et al., 2009). Além disso, o HLB é uma doença quarentenária. Desta maneira, plantas hospedeiras infectadas

devem ser prontamente erradicadas, como prevê a Instrução Normativa Nº 53, de 16 de outubro de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. A utilização de mudas sadias, a eliminação imediata de plantas doentes e o controle da população do inseto vetor consistem na base para o manejo do HLB no Brasil, e contribuem para retardar o progresso da doença dentro do pomar e também entre pomares vizinhos (BELASQUE JR. et al., 2009).

Para que medidas de controle sejam desenvolvidas é necessário o entendimento de diversos aspectos da doença, como mecanismos de dispersão e infecção do patógeno, manifestação dos sintomas da doença, plantas hospedeiras do patógeno e do inseto vetor, dentre outros. Estudos epidemiológicos relacionados ao HLB vêm sendo realizados (BASSANEZI et al., 2005; GOTTWALD; IREY; TAYLOR, 2009; GOTTWALD et al., 2009). Entretanto, restrições técnicas e impedimentos legais para a manutenção de plantas infectadas por longos períodos de tempo no campo, sem a aplicação de qualquer medida de controle, tem dificultado o entendimento mais preciso dos aspectos epidemiológicos da doença.

O cenário da citricultura paranaense difere do principal produtor de citros do Brasil, o Estado de São Paulo. No Paraná há um número relativamente menor de plantas cítricas e também um grande número de pequenas propriedades que estão envolvidas na produção citrícola (SEAB, 2012). Além disso, na citricultura paranaense está envolvido o sistema cooperativista que tem um importante papel na implementação e difusão de técnicas agrícolas para um manejo mais tecnificado da cultura visando obter pomares com alto rendimento produtivo. O sistema cooperativista também está envolvido na prevenção e contenção do HLB no Paraná, ao lado dos órgãos oficiais de defesa fitossanitária do Estado, uniformizando e implementando as técnicas empregadas no manejo da doença entre os cooperados.

Levantamentos amostrais do HLB são periodicamente realizados em São Paulo pelo Fundo Paulista de Defesa da Citricultura - Fundecitrus, com o objetivo de monitorar a ocorrência da doença nas diferentes regiões produtoras de citros do Estado (FUNDECITRUS, 2012). Entretanto, uma amostragem significativa de todo o parque citrícola como o de São Paulo, que envolve mais de 200 milhões de plantas cítricas (BELASQUE JR et al., 2010), é uma tarefa economicamente dispendiosa e que demandaria uma significativa estrutura física e humana para sua realização. Entretanto, as informações geradas pelos levantamentos de ocorrência da doença são de extrema importância para decisões políticas e técnicas relativas ao manejo do HLB. Levantamentos detalhados da incidência de HLB dificilmente são encontrados em outros estados produtores de laranja do Brasil. Sendo assim, as medidas

adotadas para prevenção e contenção da doença em outros Estados brasileiros tem como base as estratégias empregadas no estado de São Paulo. Entretanto, cabe salientar que aspectos epidemiológicos de doenças em plantas dependem de diversos fatores, entre eles condições edafoclimáticas, espécies hospedeiras do patógeno e do inseto vetor, espécie ou espécies do patógeno presentes, e biologia do inseto vetor, e destes com a interação do homem em todo este sistema.

Devido à importância do HLB, legislações específicas sobre esse problema foram estabelecidas à nível nacional e estadual com o objetivo de prevenir e conter o avanço da doença em diversos Estados brasileiros (BELASQUE JR et al., 2009; NUNES et al., 2010). No Paraná, os citricultores são obrigados a realizar inspeções periódicas em seus pomares para identificação de plantas contaminadas, conforme estabelecido na Instrução Normativa Nº 53, de 16 de outubro de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. As ações previstas nesta Instrução Normativa são implementadas no Paraná pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR. Entre essas ações, os citricultores paranaenses são obrigados a enviar para a ADAPAR relatórios semestrais sobre a situação em relação ao HLB de seus pomares, contendo o número total de plantas cítricas e totais de plantas erradicadas devido à doença. O conhecimento detalhado da incidência, distribuição e nível de controle do HLB no Estado são informações importantes para o estabelecimento de medidas políticas, estratégicas e técnicas oficiais e não oficiais para prevenção e contenção da doença no Paraná, bem como para o planejamento de todo o setor citrícola estadual.

Este estudo teve como objetivo fazer uma análise epidemiológica da incidência do HLB em propriedades das regiões Norte e Noroeste do estado do Paraná, com base em dados da ocorrência da doença disponibilizados pela agência de defesa fitossanitária do Estado, ADAPAR. Também foram objetivos deste estudo determinar detalhadamente os níveis de incidência da doença em pomares de diferentes tamanhos em relação ao número de plantas cítricas e do progresso epidêmico da enfermidade ao longo do tempo com a finalidade de determinar o tempo necessário para que o HLB atingisse o nível de 28%, índice legal para eliminação completa do talhão de plantas cítricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Fonte dos dados

Este estudo epidemiológico foi realizado com base nas informações contidas nos formulários do ‘RELATÓRIO SEMESTRAL DE VISTORIAS DE PLANTAS HOSPEDEIRAS DO AGENTE CAUSAL DO HUANGLONGBING-HLB ou (GREENING) - (INSPEÇÃO) PELO PROPRIETÁRIO’, disponibilizados pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR (ANEXO I). Esses relatórios foram elaborados pelos próprios citricultores e foram entregues a cada seis meses à ADAPAR (José Croce Filho, comunicação pessoal). Os relatórios possuíam informações referentes ao produtor e à sua propriedade, compreendendo cultivar de citros, data de plantio, número de plantas cítricas inspecionadas e número de plantas cítricas erradicadas devido ao HLB (ANEXO I). Cabe salientar que a elaboração do relatório semestral é obrigatória, estando estabelecida na Instrução Normativa n.º 53 de 16 de outubro de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA.

As inspeções foram realizadas pelo próprio produtor ou por empresas terceirizadas e devidamente credenciadas para executar as atividades de inspeções de HLB em pomares cítricos. Nas inspeções foram identificadas as plantas cítricas com sintomas de HLB, por meio visual na parte aérea da planta. Conforme determinado na Instrução Normativa no. 53 do MAPA, são obrigatórias a realização de quatro inspeções dos pomares durante um ano, ou seja, uma inspeção a cada três meses. Desta maneira, neste estudo foram utilizados os dados disponíveis para o período de 2010 a 2014 desses levantamentos trimestrais. Como fonte de dados, foram utilizados os relatórios referentes às unidades regionais da ADAPAR de Paranavaí e Maringá, que envolvem os Núcleos Regionais de Paranavaí e Maringá da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB, respectivamente. Juntas, estas duas unidades regionais compreendem uma área citrícola responsável por aproximadamente 70% da laranja produzida no Paraná (SEAB, 2012).

O Núcleo Regional de Paranavaí da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB é composto por 23 municípios, sendo eles: Paranavaí, Alto Paraná, Guairaçá, São João do Caiuá, Cruzeiro do Sul, São Carlos do Ivaí, Mirador, Loanda, Paraíso do Norte, Nova Aliança do Ivaí, Santa Isabel do Ivaí, Tamboara, Amaporã, Santa Cruz de Monte Castelo, Nova Londrina, Terra Rica, Santa Mônica, Marilena, Inajá, Diamante do

Norte, Paranacity, Itaúna do Sul e Planaltina do Paraná. Para fins deste estudo, estes municípios foram denominados de região Noroeste.

O Núcleo Regional de Maringá da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB é composto por 18 municípios, sendo eles: Nova Esperança, Floraí, Presidente Castelo Branco, Atalaia, Mandaguaçu, Santa Fé, Ourizona, Uniflor, Colorado, Astorga, Nossa Senhora das Graças, Munhoz de Melo, Lobato, Maringá, Flórida, Marialva, Paiçandu e Iguaraçu. Para fins deste estudo, estes municípios foram denominados de região Norte.

Para compor a base de dados, foram utilizados apenas dados de propriedades com entregas regulares dos relatórios de vistorias do HLB, e com maior histórico sobre a ocorrência da doença, ou seja, aquelas com relatórios entregues a partir de 2010 para o Núcleo Regional de Maringá, e de 2011 para Núcleo Regional de Paranaíba. As informações dos números de plantas inspecionadas e de plantas erradicadas foram digitadas em planilhas eletrônicas para compor a base de dados, que foi organizada por propriedade e município, para ambas as regiões, Norte e Noroeste. Não foram incluídas informações referentes a cultivares e/ou espécies cítricas de copa e porta-enxerto de cada propriedade, e nem mesmo sobre a idade das plantas.

#### Processamento dos dados

O cálculo da incidência de HLB por propriedade foi obtido pela relação entre o número total de plantas erradicadas, para cada período de inspeção, e o número total de plantas de cada propriedade, trimestralmente. A incidência da doença ao longo dos anos foi calculada de forma cumulativa, ou seja, a soma do total de plantas erradicadas na propriedade durante todo período de estudo, assumindo que plantas erradicadas são plantas com sintomas típicos de HLB identificadas pelas equipes de inspeção fitossanitária. Para fins de padronização, os dados foram agrupados em intervalos semestrais, ou seja, o mesmo período de entrega dos relatórios pelos produtores para as unidades da ADAPAR.

Todas as propriedades foram dimensionadas com base no número máximo de plantas cítricas, e agrupadas em intervalos de classe. Ao todo foram estabelecidas sete classes, compreendendo 1º) propriedades com até cinco mil plantas, 2º) entre cinco mil e 10 mil plantas, 3º) entre 10 mil e 15 mil plantas, 4º) entre 15 mil e 25 mil plantas, 5º) entre 25 mil e 45 mil plantas, 6º) entre 45 mil e 70 mil plantas, e 7º) propriedades com mais de 70 mil plantas. Esta classificação foi utilizada tanto para a análise individual dos dados para as

regiões Norte e Noroeste, como também para a análise conjunta compreendendo as duas regiões.

Neste estudo foram consideradas como pequenas propriedades aquelas com até cinco mil plantas, médias propriedades aquelas enquadradas nas classes com mais de cinco mil plantas e menos de 45 mil plantas, e grandes propriedades aquelas com mais de 45 mil plantas cítricas. A incidência de HLB foi calculada por propriedade para as diferentes classes, como descrito acima. Os cálculos realizados neste estudo foram baseados na somatória das plantas erradicadas durante o período de 2010 a 2014 para cada propriedade.

A porcentagem de propriedades com diferentes níveis de incidência da doença foi determinada para as regiões Norte e Noroeste. Para o agrupamento das propriedades, foram considerados os valores de incidência de plantas com HLB de até 0,5%, de 0,5% a 1%, de 1% a 2%, de 2% a 5%, de 5% a 10%, de 10% a 20%, e acima de 20%.

Os dados de incidência acumulada de plantas com HLB foram utilizados para a estimativa da área abaixo da curva do progresso da doença padronizada (AACPD<sub>p</sub>) pelo método da integralização trapezoidal (BERGER, 1988), para todas as classes descritas. O valor da AACPD<sub>p</sub> foi obtido utilizando a seguinte equação:

$$\sum_1^{n-1} \left( \frac{y_1 + y_{1+1}}{2} \right) (t_{1+1} - t_1)$$

Onde:

y = incidência da doença em porcentagem de plantas doentes

t = tempo quando da avaliação da incidência da doença

Os modelos escolhidos para o ajuste da curva de progresso do HLB foram o Logístico e o de Gompertz, por serem indicados como os que melhor se ajustam para esta doença (GOTTWALD 2010). A taxa aparente de infecção ( $r$ ) para os modelos de curvas de progresso da doença, Logístico e de Gompertz, foram ajustados para as diferentes classes das regiões, individualmente para a região Norte e Noroeste, e também para os dados agrupados das duas regiões. Os modelos de curvas de progresso da doença também foram ajustados com base no tamanho das propriedades, ou seja, pequenas, médias e grandes propriedades.

O  $r$  específico para o modelo Logístico ( $r_L$ ) foi obtido pela seguinte equação (MADDEN, et al., 2008):

$$r_L = (1/t)(\ln(x/(1-x)) - \ln(x_0/(1-x_0)))$$

onde:

t = tempo

x = proporção de plantas com HLB

$x_0$  = proporção inicial de plantas com HLB

Para obter o  $r$  específico para o modelo de Gompertz ( $r_G$ ) foi utilizado a seguinte equação (MADDEN, et al., 2008):

$$r_G = (1/t)(-\ln(-\ln(x))) - (-\ln(-\ln(x_0)))$$

onde:

t = tempo

x = proporção de plantas com HLB

$x_0$  = proporção inicial de plantas com HLB

A partir das equações de curvas de progresso da doença dos modelos Logístico e de Gompertz foi estimado o tempo necessário para atingir 28% de incidência de plantas com HLB. Este é a quantidade máxima de incidência de plantas com HLB permitido pela Instrução Normativa no. 53 do MAPA (BELASQUE JR, 2009). Acima desse valor, todas as plantas cítricas do talhão devem ser obrigatoriamente eliminadas (BELASQUE JR, 2009). Para isso, foram utilizados os valores de  $r_L$ ,  $r_G$  e  $x_0$  obtidos nas diferentes classes das diferentes regiões avaliadas e substituídos na equação abaixo (MADDEN et al., 2008).

Para o modelo Logístico foi utilizada a equação

$$t = (\ln(x/(1-x)) - \ln(x_0/(1-x_0))) / r_L$$

e para o modelo de Gompertz foi utilizada a equação

$$t = (\ln(-\ln(x_0)) - \ln(-\ln(x))) / r_G$$

onde:

t = tempo

x = proporção de plantas com HLB

$x_0$  = proporção inicial de plantas com HLB

$r_L$  e  $r_G$  = taxas aparentes de infecção específicas para cada modelo

A escolha entre os modelos Logístico e de Gompertz para representar o progresso da doença nas diferentes classes seguiu a metodologia proposta por Bergamin Filho (2011). A regressão linear entre os valores transformados da proporção de doença, variável dependente, e o tempo, variável independente, foi utilizada para determinar o coeficiente de determinação  $R^2$ . A regressão linear entre os valores não transformados da proporção de doença estimada pelos modelos, variável dependente, e a observada, variável independente, foi utilizada para obter o coeficiente de determinação  $R^{*2}$  (BERGAMIN FILHO, 2011),

## RESULTADOS

### Número e tamanho de propriedades, e quantidade de plantas cítricas avaliadas

Para a região Norte foram avaliados relatórios de 114 propriedades, sendo 37 de pequenas propriedades, com menos de cinco mil plantas, 70 de médias propriedades, com mais que cinco mil plantas e menos do que 45 mil plantas, e sete de grandes propriedades, com mais de 45 mil plantas (Figura 1; Apêndice 1). Pequenas, médias e grandes propriedades corresponderam a 32%, 61% e 6% do total de propriedades analisadas para a região Norte, respectivamente. Entretanto, o total de plantas cítricas em pequenas, médias e grandes propriedades corresponderam a 7%, 69% e 25%, do total de 1,5 milhões de plantas avaliadas, respectivamente, para a região Norte (Figura 1; Apêndice 1).

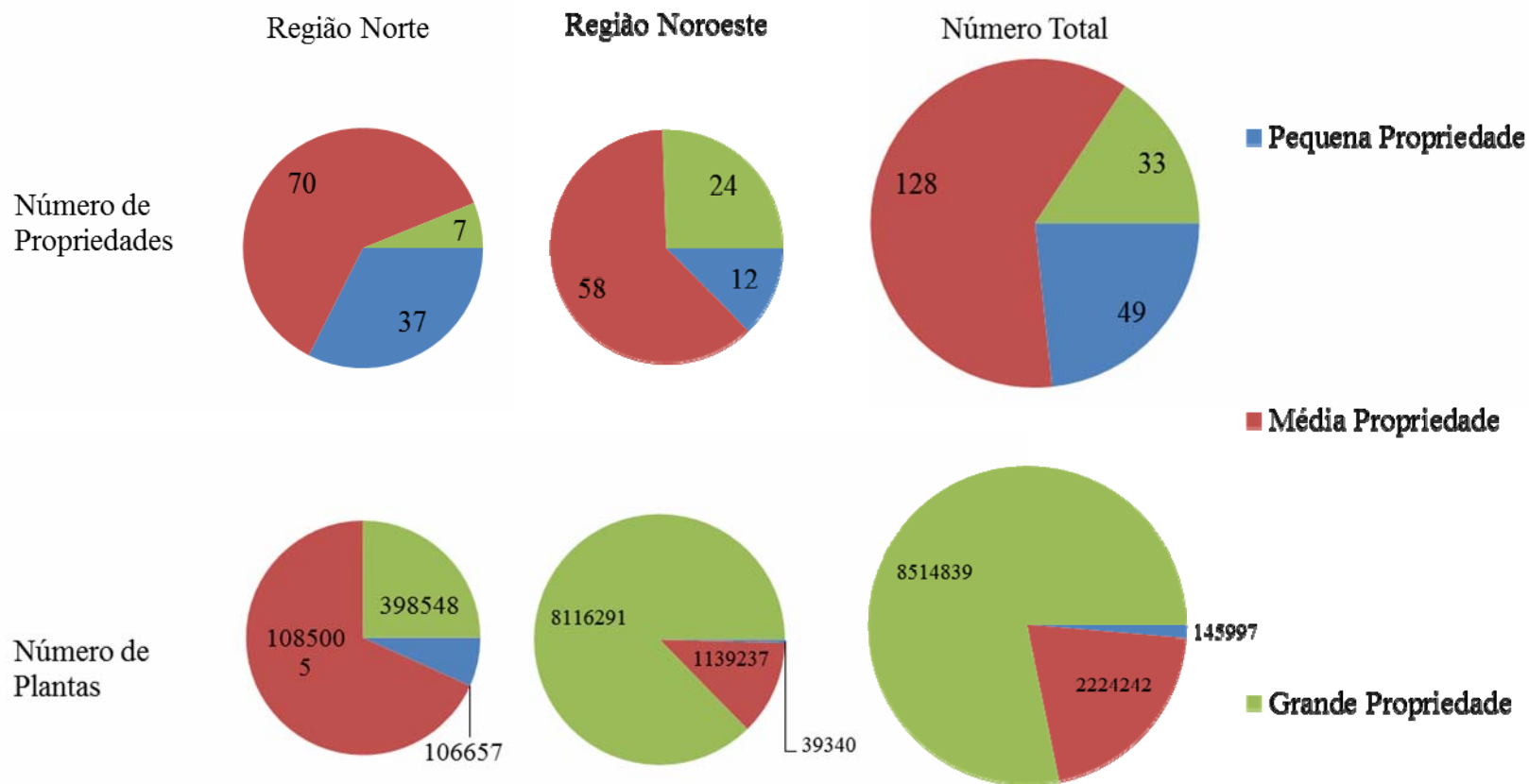
Já para a região Noroeste foi avaliado um total de 94 propriedades, sendo 12 de pequenas propriedades, com menos de cinco mil plantas, 58 de médias propriedades, com mais de cinco mil plantas e menos do que 45 mil plantas e 24 de grandes propriedades com mais de 45 mil plantas (Figura 1; Apêndice 1). Pequenas, médias e grandes propriedades

corresponderam a 13%, 62% e 26% do total de propriedades avaliadas, respectivamente (Figura 1; Apêndice 1). Entretanto, o número de plantas em pequenas não chegou a 1% do total de plantas cítricas (Figura 1; Apêndice 1). Plantas cítricas em médias e grandes propriedades corresponderam 12% e 88% do total de 9,2 milhões de plantas avaliadas, respectivamente, para a região Noroeste (Figura 1; Apêndice 1).

Considerando as duas regiões conjuntamente, foi avaliado um total de 49 pequenas propriedades, 128 médias propriedades e 31 grandes propriedades, correspondendo a 24%, 63% e 14% do total das propriedades incluídas no estudo, respectivamente (Figura 1; Apêndice 1). Em termos de número de plantas, as pequenas propriedades totalizaram 1% das plantas cítricas, médias propriedades 21% e grandes propriedades 78% do total de plantas avaliadas (Figura 1; Apêndice 1).

As regiões Norte e Noroeste apresentaram diferentes estruturas fundiárias em relação às propriedades com cultivo de citros. Na região Norte houve prevalência de pequenas e médias propriedades que compreenderam 94% das propriedades (Figura 1; Apêndice 1). Já na região Noroeste houve predominância de médias e grandes propriedades com cultivo de citros, compreendendo 87% das propriedades (Figura 1; Apêndice 1). Entretanto, o maior número de plantas cítricas está concentrado em médias propriedades na região Norte e em grandes propriedades na região Noroeste (Figura 1; Apêndice 1). O número total de plantas cítricas consideradas neste estudo também foi diferente para as duas regiões, sendo 1,5 milhões de plantas na região Norte e 9,2 milhões de plantas na região Noroeste, totalizando 10,8 milhões de plantas cítricas avaliadas (Figura 1, Apêndice 1). No total, foram avaliadas 208 propriedades, sendo 24% de pequenas propriedades, 61% de médias propriedades e 15% de grandes propriedades (Figura 1; Apêndice 1). O número total de plantas para pequenas, médias e grandes propriedades corresponderam a 1%, 21% e 78% de plantas cítricas, respectivamente.

**Figura 1** - Número de pequenas (até 5 mil plantas), médias (de 5 a 45 mil plantas) e grandes (acima de 45 mil plantas) propriedades e os respectivos números de plantas cítricas para cada classe nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná, incluídas neste estudo.



Dados referentes ao período de 2010 e 2014.

## Incidência de HLB nas regiões Norte e Noroeste do Paraná

O total de plantas cítricas avaliadas nas duas regiões citrícolas paranaense, compreendendo 208 propriedades, foi de 10,8 milhões de plantas (Figura 1, Apêndice 1a e 1b). A incidência inicial de plantas cítricas com HLB compreendendo as duas regiões passou de 0,1% em 2010 para 6,9% em 2014 (Figura 2, Apêndice 4). Entretanto, foram observadas diferenças na incidência de plantas cítricas com HLB, tanto em relação às classes de propriedades como para as regiões em estudo.

A classe de propriedades pequenas, com até cinco mil plantas, compreendendo 49 propriedades e representando 23,6 % das propriedades avaliadas para ambas as regiões (Figura 1; Apêndice 1), foi a que apresentou maior incidência de plantas cítricas com HLB. Entretanto, esta classe de propriedades tenha representado apenas 1% do total das plantas avaliadas (Figura 1; Apêndice 1). A incidência de HLB nesta classe de propriedades apresentou o maior crescimento ao longo dos cinco anos de avaliação, passando de 1,4% de plantas doentes em 2010 para 17,3% em 2014 (Figura 2; Apêndice 4). Para esta classe de propriedades foi também observada a menor precisão para o cálculo da média, que foi de 2,8 pontos para mais ou para menos (Figura 2; Apêndice 4).

As classes que correspondem às propriedades médias, com mais de cinco mil plantas e menos de 45 mil plantas, representaram juntas para as duas regiões 63% do total de propriedades e 21% das plantas cítricas avaliadas (Figura 2; Apêndice 4). Nestes estratos, a incidência de HLB aumentou de 0,3% a 1,3% em 2010 para 4,8% a 7,3% em 2014 (Figura 2; Apêndice 4). Já as propriedades grandes, com mais de 45 mil plantas, somaram 14% do total das propriedades avaliadas (Figura 1; Apêndice 2). Entretanto, as duas classes deste estrato apresentaram o maior número de plantas cítricas, compreendendo 78% das plantas avaliadas (Figura 1; Apêndice 2). Estas classes de propriedades apresentaram as menores incidências de HLB, entre 0% a 0,1% de plantas doentes em 2010, que aumentaram para 2,2% a 3,2% em 2014 (Figura 2; Apêndice 4).

Em 2014, a incidência média acumulada de plantas com HLB nas diferentes classes de propriedades variou de 2,2% a 17,3%, sendo a menor incidência observada em propriedades com mais de 70 mil plantas, e a maior em propriedades com menos de cinco mil plantas (Figura 2, Apêndice 4). A tendência de quanto maior a propriedade menor a incidência de plantas com HLB também foi observada para as regiões Norte e Noroeste quando examinadas individualmente (Figura 2; Apêndice 4). Entretanto, esta tendência foi mais evidente para a região Norte (Figura 2; Apêndice 4).

Na região Norte foram avaliadas 114 propriedades, compreendendo 1,5 milhões de plantas cítricas (Figura 2, Apêndice 5). Entretanto, não foi constatada a presença de propriedades com mais de 70 mil plantas nesta região. Na região Norte, a classe de propriedades com até cinco mil plantas apresentou o maior número de propriedades citrícolas, totalizando 37 propriedades (Figura 1, Apêndice 1a). Entretanto, esta classe de propriedades apresentou a menor representatividade em número de plantas, com apenas 7% das plantas avaliadas (Figura 1, Apêndice 1b). Além disso, nesta classe a incidência média inicial de plantas com HLB foi de 1,39% em 2010, aumentando para 21,26% em 2014, envolvendo cinco anos de análise de dados (Figura 2; Apêndice 4). Esta classe de propriedades apresentou a maior incidência de HLB na região Norte (Figura 2; Apêndice 4).

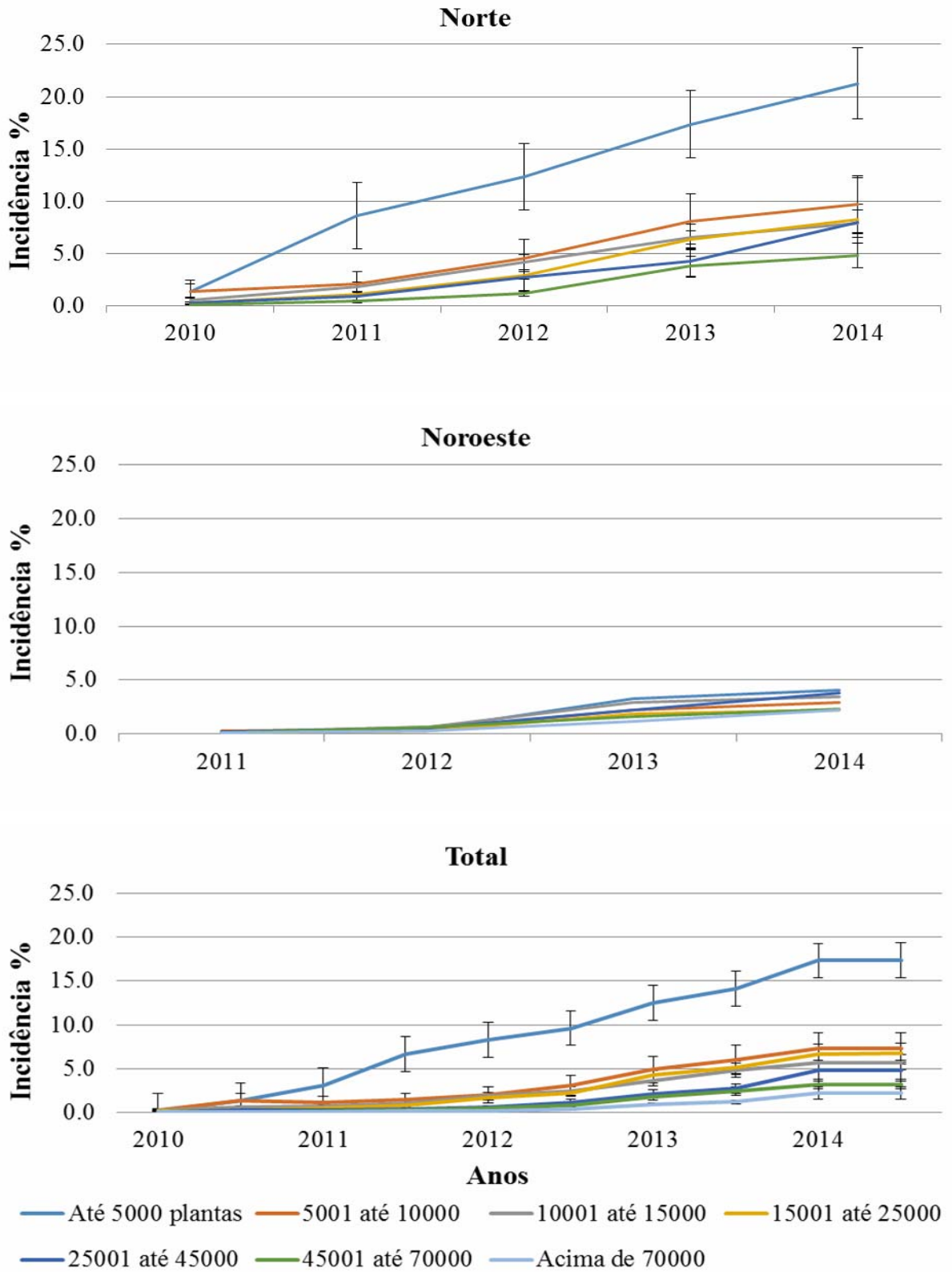
As classes compreendendo propriedades com mais de cinco mil plantas e menos do que 25 mil, somaram 54% do total das propriedades avaliadas e 52% das plantas na região Norte (Figura 2; Apêndice 5). A incidência média inicial de plantas com HLB para as propriedades da região Norte nestas classes variaram de 0,28% a 1,32%, aumentando para 8,29% a 9,74% em 2014 (Figura 2; Apêndice 5). Nesta mesma região, propriedades com mais de 25 mil plantas representaram 12% do total das propriedades avaliadas, e 39% das plantas cítricas (Figura 2; Apêndice 5). A incidência média inicial de plantas doentes para estas classes variou de 0,10% a 0,27% em 2010 e aumentou para valores de 4,79% a 7,94% em 2014 (Figura 2; Apêndice 5).

Na região Noroeste foram analisadas informações de 92 propriedades e 9,2 milhões de plantas cítricas (Figura 2, Apêndice 6). Ao contrário da região Norte, a classe de propriedades com maior frequência nesta região foi a de 25 mil a 45 mil plantas (Figura 2; Apêndice 6). Com apenas 11 propriedades, a classe de até cinco mil plantas representou 12% do total de propriedades e menos do que 1% das plantas desta região (Figura 2; Apêndice 6). A incidência inicial de plantas com HLB nesta classe foi de 0,16% em 2011, tendo aumentado para 4,0% em 2014 (Figura 2; Apêndice 6).

As classes compreendendo propriedades com mais de cinco mil plantas e menos de 25 mil plantas somaram 41% do total de propriedades da região Noroeste e 4% das plantas cítricas (Figura 2; Apêndice 6). A incidência inicial de plantas com HLB variou de 0,07% a 0,24% em 2011 e aumentou para até 3,41% em 2014 (Figura 2; Apêndice 6). Já a classe que corresponde às propriedades com mais de 25 mil plantas e menos de 45 mil plantas compreendeu 21% das propriedades e 7% das plantas avaliadas (Figura 2; Apêndice 6). Nesta classe de propriedades, a incidência de plantas doentes aumentou de 0,18% em 2011 para 3,84% em 2014 (Figura 2; Apêndice 6). Por outro lado, as classes com propriedades com mais

de 45 mil plantas representaram 25% do total de propriedades e 86% das plantas cítricas da região Noroeste (Figura 2; Apêndice 6). Nas propriedades desta classe a incidência de plantas com HLB apresentou o menor crescimento, tendo aumentado de 0,12% a 0,14% em 2011 para 2,20% a 2,34% em 2014 (Figura 2; Apêndice 6).

**Figura 2 -** Incidência acumulada de plantas cítricas com HLB, estratificada pelo tamanho da propriedade com base no número de plantas, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná, no período de 2010 a 2014.



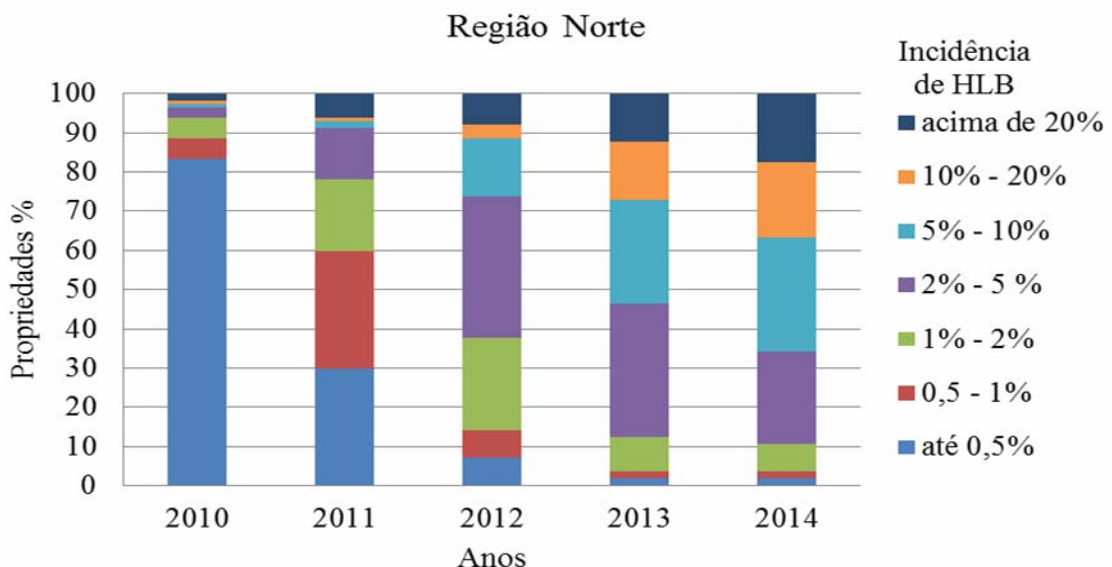


### Distribuição de propriedades citrícolas das regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná com base na incidência de HLB

A distribuição de propriedades citrícolas localizadas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná em relação à incidência máxima observada de plantas cítricas com HLB foi examinada com base em dados de levantamentos referentes a períodos de cinco e quatro anos, respectivamente. Neste estudo foram estabelecidos sete níveis de incidência de plantas cítricas com HLB para agrupamento das propriedades: nível 1, até 0,5%; nível 2, de 0,5% a 1,0%; nível 3, de 1,0% a 2,0%; nível 4, de 2,0% a 5,0%; nível 5, de 5,0% a 10,0%; nível 6, de 10,0% a 20,0% e nível 7, acima de 20,0% de incidência de plantas cítricas com a doença.

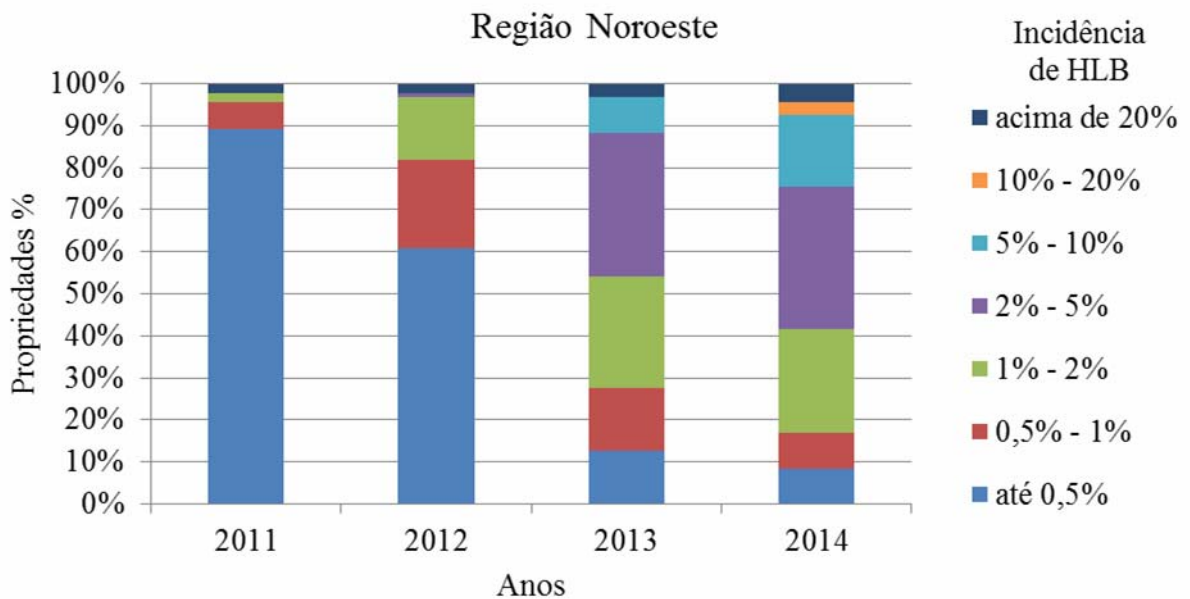
Na região Norte, mais de 80% das propriedades foram incluídas no nível 1, com até 0,5% de incidência de plantas com HLB em 2010 (Figura 3; Apêndice 2). Após três anos, aproximadamente 70% das propriedades passaram aos níveis 3, 4, 5 e 6, com incidências de plantas doentes entre 1% e 10% (Figura 3; Apêndice 2). Já na última avaliação em 2014, em torno de 70% das propriedades estavam nos níveis 4, 5 e 6, com incidências de HLB entre 2% e 20% de plantas doentes; enquanto que aproximadamente 20% das propriedades se encontravam no nível 7, com incidência de plantas com HLB superior a 20% (Figura 3, Apêndice 2). Cabe salientar que nos últimos dois anos de avaliação houve uma certa tendência para estabilização na distribuição das propriedades dentro de cada nível de incidência de HLB na região Norte (Figura 3; Apêndice 2).

**Figura 3** - Distribuição de propriedades citrícolas da região Norte do Estado do Paraná em relação aos níveis de incidência de plantas cítricas com HLB, durante o período de 2010 a 2014.



Assim como na região Norte, na região Noroeste também houve predominância de propriedades com baixa incidência de plantas com HLB nos dois primeiros anos de avaliação. Nos anos de 2011 e 2012, mais de 60% das propriedades citrícolas se encontravam no nível 1, com até 0,5% de plantas cítricas com HLB (Figura 4; Apêndice 3). Entretanto, nos dois anos seguintes houve significativa redução na quantidade de propriedades nesse nível 1 com até 0,5% de plantas doentes, que passou para apenas 15% (Figura 4; Apêndice 3). Por outro lado, houve expressivo aumento do número de propriedades com maiores incidência de plantas com HLB, sendo que 25% das propriedades passaram ao nível 2, com incidências entre 0,5% e 1,0%, e quase 60% das propriedades já se encontravam nos níveis 3 e 4, que apresentam incidências de plantas doentes entre 2% e 5% (Figura 4; Apêndice 3). Em 2014, em torno de 70% das propriedades apresentaram incidência de plantas doentes entre 1% e 10%, e somente 4% atingiram nível de incidência da doença acima de 20% (Figura 4, Apêndice 3).

**Figura 4 -** Distribuição de propriedades citrícolas da região Noroeste do Estado do Paraná em relação aos níveis de incidência de plantas cítricas com HLB, durante o período de 2011 a 2014.



#### Taxa aparente de infecção e área abaixo da curva de progresso da incidência de HLB

Na região Norte, a taxa aparente de infecção específica de HLB para o modelo Logístico ( $r_L$ ) variou de 0,85 a 1,16, entre os sete extratos estudados (Tabela 1). A maior taxa aparente de infecção foi estabelecida para o extrato de até cinco mil plantas e a menor para os extratos de cinco mil a 10 mil plantas e de 10 mil a 15 mil plantas (Tabela 1). Já o erro padrão

foi de 7,7% acima ou abaixo do valor da média, o que representa uma boa precisão do modelo para o valor estimado (Tabela 1).

Ainda para a região Norte, a taxa aparente de infecção específica utilizando o modelo de Gompertz ( $r_G$ ) variou de 0,18 a 0,31, entre os extratos estudados (Tabela 1). A maior taxa aparente de infecção foi também para o extrato de até cinco mil plantas e a menor para o extrato 10 mil a 15 mil plantas (Tabela 1). Para este modelo, o erro padrão da média calculado foi 9%, representado também uma boa precisão da estimativa (Tabela 1).

A área abaixo da curva de progresso da doença padronizada (AACPDp) calculada para a região Norte nos diferentes extratos variou de 6 a 34 (Tabela 1). Entretanto, cabe salientar que quanto maior o valor da AACPDp, maior é a quantidade de doença medida no período. A AACPDp na região Norte foi decrescente no sentido das menores para as maiores propriedades, ou seja, quanto maior a propriedade menor foi a AACPDp calculada (Tabela 1).

Para a região Noroeste, a taxa aparente de infecção específica de HLB calculada utilizando o modelo Logístico ( $r_L$ ) variou de 0,91 a 1,22 (Tabela 1), sendo que a maior taxa foi para os extratos de 10 mil a 15 mil plantas e 15 a 25 mil plantas, e a menor para os extratos de cinco a 10 mil plantas e acima de 70 mil plantas (Tabela 1). Já o erro padrão da média calculado variou de 11% a 14%, mostrando uma menor precisão da média quando comparado com o mesmo índice calculado para a região Norte (Tabela 1). Ainda para a região Noroeste, a taxa aparente de infecção específica de HLB calculada utilizando o modelo de Gompertz ( $r_G$ ) variou de 0,17 a 0,24 (Tabela 1). A maior  $r_G$  calculada foi também para o extrato de até cinco mil plantas, e a menor para o extrato acima de 70 mil plantas (Tabela 1). O erro padrão da média calculado para este modelo foi de 11% (Tabela 1).

A AACPDp para a região Noroeste variou de 3 a 7 (Tabela 1), bem mais baixa do que observada para a região Norte (Tabela 1). Entretanto, a maior AACPDp na região Noroeste foi para o extrato de até cinco mil plantas e a menor para o acima de 70 mil plantas (Tabela 1), mesma tendência observada para a região Norte. Os extratos de 15 a 25 mil plantas e de 45 a 70 mil plantas apresentaram os mesmos valores de AACPDp, sendo que o mesmo ocorreu para os extratos de 10 mil a 15 mil plantas e de 25 mil a 45 mil plantas, com valores de AACPDp igual a 6 (Tabela 1).

Considerando uma análise dos dados das duas regiões, a  $r_L$  variou de 0,66 a 1,10 (Tabela 1). A maior  $r_L$  foi calculada para o extrato até cinco mil plantas e a menor  $r_L$  para o extrato de 10 mil a 15 mil plantas (Tabela 1). Já o valor da  $r_G$  variou de 0,17 a 0,28 (Tabela 1), sendo que os maiores valores de  $r_G$  foram para o extrato de até cinco mil plantas e o menor para os extratos acima de 25 mil a 45mil plantas (Tabela 1).

A AACPDp total variou de 2 a 27 (Tabela 1), sendo que a maior AACPDp foi observada para o extrato de até cinco mil plantas e o menor para o acima de 70 mil plantas (Tabela 1). Também foi observado um valor decrescente de AACPDp, no sentido de propriedades de menor número de plantas cítricas para propriedades com maior número de plantas (Tabela 1).

Considerando as classes de pequenas, médias e grandes propriedades, as  $r_L$  e  $r_G$  foram maiores na classe de pequenas propriedades, com valores de 1,14 e 0,30, respectivamente (Tabela 2). A menor  $r_L$  foi observado para a classe de médias propriedades, enquanto que a classe de grandes propriedades apresentou valor intermediário (Tabela 2). Já para a  $r_G$ , o menor valor foi observado para a classe de grandes propriedades (Tabela 2). A AACPDp também se mostrou decrescente no sentido da classe de pequenas para grandes propriedades (Tabela 2).

#### Estimativa do tempo para erradicação total de pomares

As estimativas de tempo necessário para que a incidência de HLB atingisse 28% em um dado pomar (BELASQUE JR, 2009), foram determinadas com base nos modelos Logístico e de Gompertz. Este índice de 28% é a quantidade máxima de plantas doentes permitidas pela Instrução Normativa n°. 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA, antes que o talhão deva ser totalmente eliminado.

Na região Norte, o menor tempo estimado pelo modelo Logístico para que o índice de erradicação total de plantas fosse atingido foi de 4,9 anos, após observado as primeiras plantas com sintomas de HLB (Tabela 1). Este menor tempo foi estimado para propriedades com até cinco mil plantas (Tabela 1). Em contraste, o maior tempo estimado por esse modelo para atingir o índice de erradicação total foi de 6,5 anos para o extrato 45 mil a 70 mil plantas (Tabela 1). Já para o modelo de Gompertz, o menor tempo para atingir o índice de erradicação total foi de 5,3 para o extrato de até 5 mil plantas e o maior foi de 8,8 anos para o extrato de 45 a 70 mil plantas (Tabela 1).

Para a região Noroeste, os menores valores das estimativas para atingir o índice de erradicação total de plantas foram de 5,3 e 7,3 anos para os modelos Logístico e de Gompertz, respectivamente, para o extrato até cinco mil plantas (Tabela 1). Por outro lado, os maiores valores das estimativas foram de 6,6 e 9,9 anos para os modelos Logístico e de Gompertz, respectivamente, para propriedades no extrato acima de 70 mil plantas (Tabela 1).

Considerando todas as propriedades das duas regiões em estudo, as estimativas de menor tempo para atingir o índice de erradicação total foram para o extrato até cinco mil plantas, com 4,8 anos pelo modelo Logístico e 5,3 anos pelo modelo de Gompertz (Tabela 1). Em contraste, as estimativas de maior tempo para atingir o índice de erradicação total de plantas foram para o extrato de 45 mil até 70 mil plantas, com 6,8 e 9,1 anos para os modelos Logístico e de Gompertz, respectivamente (Tabela 1).

Quando as estimativas foram feitas consideração as classes de pequena, média e grande propriedades, o tempo necessário para que o índice de erradicação total fosse alcançado foi crescente no sentido das grandes propriedades, ou seja, pequenas propriedades apresentaram menor tempo para que o índice fosse atingido, com base nos dois modelos aplicados. Em pequenas propriedades, os tempos necessários para atingir o índice de erradicação foram de 5,0 e 5,5 anos nos modelos Logístico e de Gompertz, respectivamente (Tabela 2). Os maiores tempos foram estimados para grandes propriedades, com 7,4 e 10,4, anos para os modelos Logístico e de Gompertz, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 1 -** Taxa aparente de infecção para os modelos Logístico ( $r_L$ ) e de Gompertz ( $r_G$ ), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPDp), inóculo inicial ( $Y_0$ ) e estimativa de tempo para atingir o índice de erradicação total de plantas cítricas, segundo modelo Logístico (EETL) e de Gompertz (EETG) em propriedades cítricas de diferentes tamanhos das regiões Norte e Nordeste do Estado do Paraná.

Tamanho da propriedade (Número de plantas)	$r_L$	$r_G$	AACPDp	$Y_0$	EETL <sup>2</sup>	EETG <sup>2</sup>
Região Norte						
<5000	1,16 ± 0,09	0,31 ± 0,03	34 ± 6,25	0,131 ± 0,06	4,9	5,3
5000 a 10000	0,85 ± 0,06	0,21 ± 0,02	16 ± 6,40	0,235 ± 0,10	6,0	7,3
10001 a 15000	0,85 ± 0,08	0,18 ± 0,02	13 ± 2,37	0,306 ± 0,13	5,7	8,3
15001 a 25000	0,92 ± 0,05	0,21 ± 0,01	11 ± 1,35	0,147 ± 0,03	6,1	7,6
25001 a 45000	1,03 ± 0,07	0,23 ± 0,03	9 ± 3,98	0,084 ± 0,02	6,0	7,5
45001 a 70000	1,01 ± 0,07	0,20 ± 0,02	6 ± 1,26	0,054 ± 0,02	6,5	8,8
>70000	- <sup>1</sup>	-	-	-	-	-
Região Noroeste						
<5000	1,21 ± 0,18	0,24 ± 0,04	7 ± 1,48	0,064 ± 0,03	5,3	7,3
5000 a 10000	0,91 ± 0,11	0,18 ± 0,02	5 ± 0,53	0,125 ± 0,04	6,3	9,1
10001 a 15000	1,22 ± 0,13	0,21 ± 0,03	6 ± 1,21	0,050 ± 0,02	5,5	8,5
15001 a 25000	1,22 ± 0,15	0,23 ± 0,03	4 ± 0,97	0,014 ± 0,01	6,5	8,5
25001 a 45000	1,15 ± 0,06	0,23 ± 0,02	6 ± 1,10	0,076 ± 0,03	5,4	7,5
45001 a 70000	1,05 ± 0,12	0,19 ± 0,02	4 ± 0,81	0,060 ± 0,02	6,1	9,1
>70000	0,91 ± 0,09	0,17 ± 0,02	3 ± 0,86	0,094 ± 0,05	6,6	9,9
Total						
<5000	1,10 ± 0,09	0,28 ± 0,03	27 ± 5,10	0,124 ± 0,06	4,8	5,3
5000 a 10000	0,77 ± 0,05	0,18 ± 0,02	11 ± 4,19	0,235 ± 0,10	6,2	7,6
10001 a 15000	0,66 ± 0,07	0,15 ± 0,02	9 ± 1,38	0,306 ± 0,13	6,6	8,6
15001 a 25000	0,86 ± 0,06	0,19 ± 0,01	9 ± 1,21	0,147 ± 0,02	6,0	7,9
25001 a 45000	0,91 ± 0,05	0,17 ± 0,02	5 ± 1,23	0,084 ± 0,02	6,3	8,8
45001 a 70000	0,91 ± 0,05	0,17 ± 0,02	3 ± 0,50	0,054 ± 0,02	6,8	9,1
>70000	0,90 ± 0,06	0,17 ± 0,02	2 ± 0,47	0,100 ± 0,04	6,2	8,8

<sup>1</sup>Ausência de propriedade para o extrato avaliado.

<sup>2</sup>Estimativa em anos após a primeira detecção da doença.

**Tabela 2 -** Taxa aparente de infecção para o modelo Logístico ( $r_L$ ) e de Gompertz ( $r_G$ ), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPDp), inóculo inicial ( $Y_0$ ) e estimativa de tempo para atingir o índice de erradicação total de plantas cítricas segundo modelo Logístico (EETL) e de Gompertz (EETG) para propriedades citrícolas de diferentes classes das regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná.

Classe de propriedade	$r_L$	$r_G$	AACPDp	$Y_0$	EETL <sup>1</sup>	EETG <sup>1</sup>
Pequena <sup>2</sup>	1,14 ± 0,09	0,30 ± 0,03	32 ± 7	0,124 ± 0,057	5,0	5,5
Média	0,77 ± 0,03	0,18 ± 0,01	9 ± 1	0,204 ± 0,045	6,8	8,8
Grande	0,89 ± 0,06	0,17 ± 0,01	3 ± 0	0,054 ± 0,023	7,4	10,4

<sup>1</sup> Estimativa em anos após a primeira detecção da doença.

<sup>2</sup> Pequena, propriedades com até 5.000 plantas; Média, propriedades entre 5.000 e 45.000 e Grande, propriedades com mais de 45.000 plantas.

Os coeficientes de determinação  $R^2$  e  $R^{*2}$  obtidos foram acima de 80%, tanto pelo modelo Logístico como pelo de Gompertz (Tabela 3). Esses valores indicam que ambos os modelos de regressão linear são adequados para explicar o progresso da incidência de HLB nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná. Entretanto, o modelo de Gompertz apresentou coeficiente de determinação maior e mais próximo do valor máximo para propriedades com até cinco mil plantas, quando comparado ao modelo Logístico (Tabela 3). Para o modelo Logístico, no extrato de até cinco mil plantas, os valores de  $R^2$  e  $R^{*2}$  estão abaixo de 90%, com exceção para a região Noroeste onde o  $R^2$  foi igual a 92,5% e  $R^{*2}$  igual a 77,6%, para esse extrato de propriedades (Tabela 3). Já para os demais extratos de propriedades, os valores determinados para o modelo Logístico foram maiores do que 90% (Tabela 3).

Para o modelo de Gompertz, a maioria dos extratos apresentou  $R^2$  e  $R^{*2}$  acima de 90%, exceto para os extratos de até cinco mil plantas e pequenas propriedades, quando foram considerados conjuntamente os dados das duas regiões, onde o  $R^2$  foi de 89,4 (Tabela 3). Neste estudo, o modelo de Gompertz foi o que melhor se ajustou aos dados de incidência de plantas com HLB, independente da região e do extrato em questão, levando em consideração os valores de  $R^2$  e  $R^{*2}$  (Tabela 3).

**Tabela 3 -** Resumo da análise de regressão linear utilizada para o ajuste do melhor modelo para o progresso da incidência de plantas com HLB para diferentes tamanhos de propriedades citrícolas das regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná.

Tamanho da propriedade (Número de plantas)	Modelo			
	Logístico		Gompertz	
	R <sup>2</sup> (%) <sup>1</sup>	R <sup>*2</sup> (%) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (%)	R <sup>*2</sup> (%)
	Total			
<5000	80,8	80,8	89,4	91,9
5000 a 10000	89,7	96,3	94,1	98,2
10001 a 15000	98,5	98,1	99,1	99,3
15001 a 25000	98,5	96,6	99,4	98,9
25001 a 45000	97,2	99,1	96,3	96,3
45001 a 70000	98,8	97,9	98,5	98,9
>70000	97,8	98,1	96,6	95,0
	Região Norte			
<5000	84,3	88,6	90,1	94,0
5000 a 10000	99,1	99,7	98,2	98,4
10001 a 15000	96,8	96,3	99,0	99,5
15001 a 25000	98,6	99,7	99,9	99,5
25001 a 45000	96,3	92,9	98,3	98,2
45001 a 70000	99,7	99,7	99,3	96,8
>70000	-	-	-	-
	Região Noroeste			
<5000	92,5	77,6	92,2	87,7
5000 a 10000	93,6	85,6	93,6	91,7
10001 a 15000	92,4	74,6	93,5	86,6
15001 a 25000	92,1	71,3	92,1	82,6
25001 a 45000	97,4	93,7	98,2	98,3
45001 a 70000	92,3	87,7	95,5	95,3
>70000	98,1	97,3	98,2	99,0

<sup>1</sup> Coeficiente de determinação obtido pela regressão linear entre os valores transformados da proporção de doença estimado pelo modelo e o tempo.

<sup>2</sup> Coeficiente de determinação obtido pela regressão linear entre os valores estimados pelo modelo e os valores observados, ambos sem transformação.

**Tabela 4 -** Resumo da análise de regressão linear utilizada para o ajuste do melhor modelo para o progresso da incidência de plantas com HLB para as diferentes classes de propriedades citrícolas das regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná.

Classe de propriedade	Modelo			
	Logístico		Gompertz	
	R <sup>2</sup> (%) <sup>1</sup>	R <sup>*2</sup> (%) <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (%)	R <sup>*2</sup> (%)
Pequena	77,1	80,3	89,4	92,0
Média	96,3	98,3	97,8	99,1
Grande	98,8	98,7	98,0	98,5

<sup>1</sup> Coeficiente de determinação obtido pela regressão linear entre os valores transformados da proporção de doença estimado pelo modelo e o tempo.

<sup>2</sup> Coeficiente de determinação obtido pela regressão linear entre os valores estimados pelo modelo e os valores observados, ambos sem transformação.

## DISCUSSÃO

A análise dos dados revelou que há diferenças significativas em relação à estrutura da citricultura nas regiões de Maringá, neste estudo denominado de região Norte, e de Paranavaí, denominada de região Noroeste, como, por exemplo, tamanho de propriedades e número de plantas cítricas. A área citrícola da região Norte é composta em sua grande maioria por propriedades pequenas e médias, com no máximo 45 mil plantas cítricas em cada propriedade. Por outro lado, a área citrícola da região Noroeste é composta, em sua grande parte, por propriedades relativamente maiores do que aquelas encontradas na região Norte, com predominância de propriedades com mais de 45 mil plantas cítricas. As informações utilizadas neste estudo compreenderam 114 propriedades citrícolas da região Norte e 92 da região Noroeste, totalizando 206 propriedades. Em relação à quantidade de plantas cítricas, os dados envolveram 1,6 milhões de plantas para a região Norte e 9,3 milhões para a região Noroeste, totalizando aproximadamente 11 milhões de plantas cítricas.

A área de produção de laranja nas regiões de Paranavaí e Maringá envolvem 11 mil e 5,5 mil hectares, respectivamente (SEAB/DERAL, 2012). Estas áreas correspondem a aproximadamente 56% de toda área cultivada e 70% da produção de laranja do Paraná, sendo assim uma região com elevada importância para o setor citrícola paranaense devido a sua representatividade em termos produtivos (SEAB/DERAL, 2012).

O conhecimento do tamanho e da estrutura do setor citrícola de uma região tem grande importância para entender a evolução epidêmica de doenças e estabelecer as melhores estratégias para a sua contenção e controle. Isto é particularmente fundamental no caso do

HLB, onde há necessidade de controle não somente da doença propriamente dita, pela eliminação das plantas cítricas doentes, mas também do inseto vetor do agente causal (BELASQUE et al., 2009). Consequentemente, o manejo do HLB e de seu inseto vetor em uma dada propriedade citrícola tem implicações diretas na prevenção e contenção da doença em propriedades vizinhas e mesmo a nível regional. A introdução do inóculo primário em uma dada propriedade tem sido caracterizada pelo efeito bordadura, uma situação evidente do manejo da doença no estado de São Paulo (BASSANEZI et al., 2010; GOTTWALD, 2010). Desta maneira, o controle regionalizado do HLB tem se mostrado mais eficiente do que o controle individualizado em áreas com grande concentração de propriedades envolvidas no cultivo de citros (BELASQUE et al., 2009). Portanto, o controle regional do HLB tem sido preconizado como a melhor forma de manejar a doença, principalmente em regiões com grande número de pequenos produtores. Este tipo de manejo visa minimizar o efeito bordadura, onde a eficiência das medidas adotadas por um produtor tem efeito direto no controle da doença em seus vizinhos (BASSANEZI et al., 2010; BELASQUE et al., 2009).

No presente estudo foi observado que 75% das plantas cítricas da região Norte estão distribuídas em 71 pequenas e médias propriedades, enquanto que para a região Noroeste 88% das plantas estão distribuídas em apenas 24 grandes propriedades. Estas diferenças na estrutura citrícola das duas regiões certamente podem ajudar em um melhor entendimento da evolução da distribuição e ocorrência do HLB nessas regiões. Além disso, estas diferenças na citricultura das duas regiões também são fundamentais para a implementação, bem como redirecionamento, de medidas de prevenção, contenção e manejo da doença no estado do Paraná.

As epidemias de HLB nas Américas estão geralmente associadas à espécie ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’, provavelmente por esta espécie ser mais agressiva. Esta maior agressividade favorece a colonização da planta hospedeira pelo patógeno e a sua consequente transmissão pelo inseto vetor. Além disso essa espécie bacteriana possui uma maior tolerância a diferentes condições ambientais, quando comparada às outras duas espécies da bactéria associadas ao HLB (TATINENI et al., 2008; BOVÉ et al., 2008). A disseminação natural da bactéria do HLB ocorre por meio de inseto vetor, o psílídeo dos citros *Diaphorina citri* Kuwayama (CAPOOR et al., 1967). Este inseto é responsável pela disseminação do patógeno a curtas distâncias, até 1,5 km, através de sua movimentação natural, e também a longas distâncias quando é transportado por correntes de vento (GOTTWALD et al., 2007a; GOTTWALD et al., 2007b). Consequentemente, evitar a entrada do HLB em um pomar é uma tarefa difícil de ser realizada devido à capacidade de dispersão do inseto vetor, a longas e

curtas distâncias. Desta maneira, medidas regionais de manejo do HLB se tornam fundamentais para a sustentabilidade da citricultura, visto que esta doença é devastadora para a produção citrícola.

Diferenças na incidência de HLB foram evidentes para as duas regiões em estudo. Enquanto a incidência de plantas cítricas com HLB era de 0,47% para a região Norte em 2010, na região Noroeste a incidência era de 0,30%, em 2011. Estes níveis de incidência evoluíram para 8,05% e 4,51% nas regiões Norte e Noroeste, respectivamente, em 2014. Entretanto, o grande aumento na incidência de plantas com HLB na região Norte foi impulsionado basicamente pelas pequenas propriedades, nas quais a incidência de HLB aumentou para mais de 21% de plantas doentes em 2014. Independente da região, as pequenas propriedades sempre apresentaram tendência de ter maior incidência de plantas com HLB. Muito embora esta tendência não tenha sido tão expressiva para a região Noroeste, possivelmente devido à baixa pressão de inóculo ao redor das pequenas propriedades nesta região. Cabe também salientar que a incidência máxima de HLB para as diferentes classes de propriedades da região Noroeste é semelhante à classe com menor incidência de HLB da região Norte. Isto indica que a prevenção e o controle da doença estão sendo menos rigorosos na região Norte do que na região Noroeste. Por dificuldades no controle ou pela presença de maior pressão de inóculo na região Norte, houve grande reflexo na incidência da doença em pequenas propriedades nessa região, com níveis muito próximos do limite máximo permitido pela Instrução Normativa nº. 53, de 16 de outubro de 2006 do MAPA, que é de 28% de plantas sintomáticas. Acima desse limite, todas as plantas cítricas do talhão devem ser obrigatoriamente eliminadas (BELASQUE et al., 2009).

Estudos têm mostrado que os pomares cítricos podem se tornar economicamente improdutivos em até três anos após o aparecimento das primeiras plantas com sintomas de HLB (BASSANEZI et al., 2011). Além disso, a velocidade do progresso da doença também está relacionada à extensão das áreas contaminadas que servem de fonte de inóculo, proximidade dos talhões à fonte de inóculo, e da idade das plantas no momento da primeira infecção (BASSANEZI et al., 2010; BELASQUE JR, et. al., 2009). Estas informações coincidem com a situação de cinco propriedades da região Norte, nas quais a incidência acumulada de plantas com HLB atingiu 100% em apenas quatro anos (FONTE). Portanto, a nível regional torna-se importante a adoção de medidas severas de contenção da doença para possibilitar que a citricultura continue a ser uma opção técnica e economicamente viável para a região.

Para a região Norte pode-se observar que ao longo de cinco anos houve aumento significativo de propriedades com incidência acima de 20% de plantas com HLB. Esta incidência da doença está muito próxima do limite máximo legal aceitável para a doença, que é de 28% de plantas doentes (BELASQUE et al., 2009). Além disso, 89% das propriedades nesta região apresentaram incidências de plantas doentes acima de 2% no levantamento realizado em 2014. Este nível de incidência é considerado relativamente alto para uma doença tão devastadora (IREY et al., 2006; BASSANEZI et al., 2011; BELASQUE et al., 2009). Considerando o trabalho de Irey et al. (2006), o percentual de plantas identificadas como sintomáticas pode ser o mesmo de plantas assintomáticas e não detectadas nas inspeções visuais. Caso estas proporções estejam realmente ocorrendo, teríamos um cenário com uma grande área de fonte de inoculo e que poderá ser um importante fator para o aumento na velocidade da epidemia desta doença na região Norte, como já considerado anteriormente. Os resultados deste estudo revelaram uma situação preocupante para o futuro da citricultura na região Norte, principalmente pelas características e estrutura da citricultura nesta região.

Para a citricultura da região Noroeste, 42% das propriedades apresentaram incidência de HLB abaixo de 2% de plantas doentes, e apenas 7% das propriedades apresentaram incidências acima de 10%, em 2014. Considerando que aproximadamente 86% das plantas cítricas estão em grandes propriedades, acima de 70.000 plantas, e que esta classe de propriedades apresenta baixa incidência de HLB, pode-se assumir que o tamanho da área de inóculo era relativamente pequeno. Portanto, o cenário para esta região é muito melhor do que aquele observado para a região Norte. Isto reforça a hipótese de que o manejo do HLB na região Noroeste foi mais rigoroso, e que a prevalência de grandes propriedades reflete em um manejo da doença mais uniforme quando se trata de áreas maiores. Cabe lembrar que a taxa aparente de infecção da doença estimada para as duas regiões foi semelhante entre si. Conseqüentemente, além do maior rigor aplicado na contenção e controle do HLB na região Noroeste, houve uma maior eficácia das práticas adotadas para o manejo da doença, como já observado em outros estudos realizados no estado de São Paulo (BELASQUE JR et al., 2009).

As taxas aparentes de infecção ( $r$ ) são utilizadas, juntamente com outros parâmetros, em equações que podem descrever curvas de progresso de doenças de plantas. Essas curvas são importantes ferramentas para estudo de epidemias, e podem ser utilizadas para estimar e prever futuras quantidades e/ou ocorrência de doenças. Além disso, ajuda na compreensão de epidemias e na determinação da eficácia dos métodos de prevenção e controle de doenças (BERGAMIN FILHO, 2011). Os valores das taxas aparentes de infecção anuais do HLB no

Paraná, 0,68 para o Logístico e 0,18 para o de Gompertz, são menores do que os valores máximos observados para a doença no estado de São Paulo, que foi de 4,62 (BASSANEZI et al., 2006). Também foi menor do que o observado em outras regiões do mundo, como Ilhas Reunião que foi de 0,83, China com valores entre 0,99 e 1,97, e Estados Unidos com 1,37 a 2,37 (GOTTWALD, 2010). Estas menores taxas aparentes de infecção determinadas para a doença nas regiões Norte e Noroeste do Paraná estão certamente relacionadas com as medidas de prevenção e controle da doença que têm sido adotadas pelos citricultores no Estado. Também não se podem desconsiderar outros fatores que possam interferir com o ciclo da doença e biologia do inseto vetor nas condições paranaenses e, que conseqüentemente tenham influenciado para esta menor taxa aparente de infecção do HLB.

Para as mesmas classes de até cinco mil plantas, os valores de  $r_L$  para as regiões Norte e Noroeste foram muito próximos, 1,16 e 1,21, respectivamente. Em contraste, os valores da AACPDp para essas duas regiões foram muito diferentes, sendo 34 para região Norte e 7 para região Noroeste. Esta diferença de AACPDp reflete basicamente as diferenças no inoculo inicial do HLB entre as duas regiões e indica a importância deste inóculo inicial para o progresso da HLB nas regiões. A rápida identificação e remoção das primeiras plantas cítricas infectadas em uma propriedade são de suma importância para a contenção e o controle do HLB, e conseqüentemente, para a manutenção da longevidade dos pomares como já relatado por outros pesquisadores (BELASQUE JR et al., 2009; GOTTWALD, 2010, BASSANEZI et al., 2010). Para as outras classes de propriedades foi observado maior AACPDq para a região Norte do que para a região Noroeste. Entretanto, essas diferenças apresentaram tendência inversa em relação ao tamanho da propriedade, isto é, quanto maior a classe da propriedade menor a diferença da AACPDq entre as regiões Norte e Noroeste. Esta tendência sugere que quanto maior a propriedade em termos de quantidade de plantas cítricas mais eficientes tem sido as medidas de contenção e controle do HLB, independente da região. Isto também pode estar relacionado ao maior rigor nas aplicações das medidas de manejo do HLB nas propriedades maiores.

Quanto à longevidade estimada para os talhões cítricos, variou de 4,9 anos em pomares de até 5.000 plantas na região Norte a 9,9 anos para aqueles em propriedades com mais de 70.000 plantas na região Noroeste. Esta longevidade foi determinada com base na taxa aparente de infecção para cada condição e para que o talhão atingisse mais do que 28% de plantas doentes, que é o limite legal para a necessária e obrigatória eliminação completa de todas as plantas do talhão (BELASQUE et al., 2009). De modo geral, neste estudo, considerando os maiores valores de  $r$  observados e incidências iniciais de plantas doentes

próximas à 0,1%, foi estimado para ambos os modelos como sendo o pior cenário o de aproximadamente cinco anos de vida útil de talhões em pequenas propriedades, com até 5.000 plantas, de ambas as regiões. Em contrapartida, o melhor cenário foi observado para grandes propriedades, com mais de 70.000 plantas, que teriam talhões com vida útil estimada de aproximadamente dez anos, considerando os valores de  $r$  mais baixos observados neste estudo e inóculo inicial próximo a 0,05%,

## CONCLUSÕES

A incidência média de HLB está acima de 2% em 89% das propriedades da região Norte do estado do Paraná.

A incidência média de HLB está abaixo de 2% em 42% das propriedades da região Noroeste do estado do Paraná.

O modelo de Gompertz se mostra o mais adequando para representar o progresso de HLB em pequenas propriedades.

Para grandes propriedades, os modelos Logístico e de Gompertz podem ser utilizados igualmente para representar o progresso da doença HLB.

Em função do progresso da incidência do HLB nos pomares das duas regiões estudadas, os modelos epidemiológicos indicam vida útil inferior a 5 anos para talhões cítricos em propriedades com até cinco mil plantas e próximo de 10 anos para talhões em propriedades com mais de 70.000 plantas cítricas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsa de doutorado. À Universidade Estadual de Londrina – UEL e ao programa de Pós-graduação em Agronomia. Ao Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR pela concessão da estrutura física e pessoal no desenvolvimento deste estudo. À Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR pelo apoio e fornecimento dos dados.

## REFERÊNCIAS

- BASSANEZI, R. B.; BELASQUE JR, J.; MONTESINO, L. H. Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus Huanglongbing epidemics. **Crop Protection**. v. 52, p. 72-77, 2013 Doi:10.1016/j.cropro.2013.05.012
- BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; GASPAROTO, M. C. G.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIN, L. Yield loss caused by Huanglongbing in diferente sweet Orange cultivars in São Paulo, Brazil. **Europe Journal of Plant Pathology**. v. 130, p. 577-586, 2011 Doi:10.1007/s10658-011-9779-1
- BASSANEZI, R. B.; BASSANEZI, R. C. An approach to model the impact of huanglongbing on citrus yield. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando, p. 301-304, 2008.
- BASSANEZI, R. B.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; GOTTWALD, T. R. Epidemiology of huanglongbing in São Paulo. **Proceedings of the Huanglongbing - Greening International Workshop**, p. 37. Ribeirão Preto, Brazil, 2006.
- BASSANEZI, R. B.; BUSATO, L. A.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; GOTTWALD, T. R. Preliminary spatial pattern analysis of huanglongbing in São Paulo, Brazil. In: Hilf ME, Duran-Vila N & Rocha-Peña MA (Eds.) **Proceeding 16th Conference International Organization Citrus Virology**. Univ. California, Riverside. p. 341-355, 2005.
- BASSANEZI, R. B.; LOPES, S. A.; BELASQUE JR, J.; SPÓSITO, M. B.; YAMAMOTO, P. T.; MIRANDA, M. P.; TEIXEIRA, D. C.; WULFF, N. A. Epidemiologia do *Huanglongbing* e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Tecnology**. Cordeirópolis, v. 31, n. 1, p. 11-23, 2010.
- BELASQUE JR, J. B.; BERGAMIN FILHO, A.; BASSANEZI, R. B.; BARBOSA, J. C.; FERNANDES, N. G.; YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; MACHADO, M. A.; LEITE JR, R. P.; AYRES, A. J.; MASSARI, C. A. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, 2009.
- BELASQUE JR, J.; BARBOSA, J. C.; MASSARI, C. A.; AYRES, A. J. Incidência e distribuição do Huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 31, n. 1, p. 1-9, 2010.
- BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Ceres. 2011. v. 1, p647-666.
- BERGER, R. D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. (Ed.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlang, 1988. p. 137-151.
- BOVÉ, J. M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, v. 88, p. 7-37, 2006.

BOVÉ, J. M.; TEIXEIRA, D. C.; WULFF, N. A.; EVEILLARD, S.; SAILLAR, C.; BASSANEZI, R. B.; LOPES, S. A.; YAMAMOTO, P. T.; AYRES, A. J. Several *Liberibacter* and *Phytoplasma* species are individually associated with HLB. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**. Orlando, p. 152-155, 2008.

CAPOOR, S. P.; RAO, D. G.; VISWANATH, S. M. *Diaphorina citri*: a vector of the greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Agriculture Science** 37:572-576, 1967.

**BOLETIM INFORMATIVO DA ADAPAR**: O avanço do HLB é preocupante para o futuro da citricultura paranaense. Curitiba, PR: Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. ed.7, p.1-5, junho-julho, 2013. Disponível em : < <http://www.adapar.pr.gov.br> >. Acesso em: março 2015.

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

DAGULO, L.; DANYLUK, M. D.; SPANN, T. M.; VALIM, M. F.; GOODRICH-SCHNEIDER, R.; SIMS, C.; ROUSEFF, R. Chemical characterization of orange juice from trees infected with citrus Greening (Huanglongbing). **Journal of Food Science**. v. 75, n. 2, p. 199-207, 2010.

GOTTWALD, R. G. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology**. v. 48, p. 119-139, 2010. doi:10.1146/annurev-phyto-073009-114418

GOTTWALD, T. D.; DA GRAÇA, J. V.; BASSANEZI, R. B.; Citrus Huanglongbing: the pathogen, its epidemiology, and impact. **Plant Healthy Progress**. 2007a Doi:10.1094/PHP-2007-0906-01-RV

GOTTWALD, T. D.; IREY, M.; TAYLOR, E. HLB survival analysis – A spatiotemporal assesment of the threat of na HLB-positive tree to its neighbors. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando. p. 291-295, 2007b

GOTTWALD, T. R.; AUBERT, B.; ZHAO, X.Y. Preliminary analysis of citrus greening (Huanglongbing) epidemics in the People’s Republic of China and French Reunion Island. **Phytopathology**, v. 79, p. 687-693, 1989.

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

GOTTWALD, T. R.; IREY, M.; TAYLOR, E. HLB survival analysis – A spatiotemporal assesment of the threat of an HLB-positive tree to its neighbors. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando. p. 291-295, 2009.

GOTTWALD, T. R.; PARNELL, S.; TAYLOR, E.; POOLE, K.; HODGE, J.; FORD, A.; THERRIEN, L.; MAYO, S.; IREY, M. Within-tree distribution of *Candidatus Liberibacter*

asiaticus. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando. p. 310-313, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 28, n. 12, p. 1-88, dezembro.2014

IREY, M. S.; GAST, T.; GOTTWALD, T. R. Comparison of visual assessment and polymerase chain reaction assay testing to estimate the incidence of the Huanglongbing pathogen in commercial Florida citrus. In: **Proceedings Florida State of Horticultural Society**. p. 89-93, 2006.

LOPES, S. A.; FRARE, G. F. Graft transmission and cultivar reaction of citrus to '*Candidatus Liberibacter americanus*'. **Plant Disease**, v. 92, n. 1, p. 21-24, 2008.

LOPES, S. A.; FRARE, G. F.; BERTOLINI, E.; CAMBRA, M.; FERNANDES, N. G.; AYRES, A. J.; MARIN, D. R.; BOVÉ, J. M. Liberibacters associated with citrus huanglongbing in Brazil: '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' is heat tolerant, '*Ca. L. americanus*' is heat sensitive. **Plant Disease**, v. 93, p. 257-262, 2009a.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. The study of plant disease epidemics. **American Phytopathological Society**, 2008.

NUNES, W. M. C.; SOUZA DE, E. B.; LEITE JR, R. P.; SALVADOR, C. A.; RINALDI, D. A.; FILHO, J. C.; PAIVA, P. G. Plano de ação para o controle de huanglongbing no Estado do Paraná, Brasil. **Citrus Research & Tecnology**, v. 31, n. 2, p. 169-177, 2010.

NUNES, W. M. C.; ZANUTTO C. A.; RINALDI D. A. M. F.; CROCE FILHO J.; AZEVEDO M. L.; LEITE JÚNIOR R. P.; COLETTA FILHO H. D.; VICENTINI S.; NUNES M. J. C. Primeira constatação de huanglongbing em pomar comercial de citros no Estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 1094, p. 327, 2007

PEREIRA, F. M. V.; MILORIA, D. M. B. P.; PEREIRA-FILHO, E. R.; VENÂNCIO, A. L.; RUSSO, M. S. T.; CARDINALIA, M. C. B.; MARTINSE, P. K.; ASTÚA, J. F. Laser-induced fluorescence imaging method to monitor citrus greening disease. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 79, p. 90-93, 2011 doi:10.1016/j.compag.2011.08.002

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Área e produção agrícola no estado do Paraná por unidade administrativa da SEAB: Tabelas de Fruticultura, 2008 a 2012. Disponível em:  
[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Tabelas\\_producao\\_frutas.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Tabelas_producao_frutas.pdf)

TATINENI, S.; SAGARAM, U. S.; GOWDA, S.; ROBERTSON, C. J.; DAWSON, W. O.; IWANAMI, T.; WANG, N. In plants distribution of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' as revealed by polymerase chain reaction (PCR) and real-time PCR. **Phytopathology**, v. 98, p. 592-599, 2008.

TEIXEIRA, D. C.; DANET, J. L.; EVEILLARD, S.; MARTINS, E. C.; JESUS JUNIOR, W. C.; YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; BASSANEZI, R. B.; AYRES, A. J.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J. M. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the

'*Candidatus*' Liberibacter species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, v. 19, p. 173-179, 2005.

ZHAO, X. Y. Citrus yellow shoot disease (huanglongbing) - a review. **International Society of Citriculture**, Tokyo, p. 466-467, 1981.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Desde o primeiro relato do Huanglongbing (HLB) no estado do Paraná, no município de Altônia em 2006, medidas de controle desta doença foram adotadas, entretanto não foram suficientes para conter a dispersão para outros municípios e regiões citrícolas.

Existem evidências do aumento da doença no estado do Paraná, principalmente em pequenas propriedades, e onde não há uma forte pressão de inóculo, baseado nos dados apresentados pelos citricultores. Amostragens para validação dos dados devem ser realizadas, além do monitoramento da população do inseto vetor, para que maiores inferências possam ser feitas acerca da realidade do HLB no estado do Paraná.

Os dados apresentados neste estudo e as análises realizadas são evidências do esforço despendido pelos produtores de laranja do Paraná para o controle do HLB. Estudos mais aprofundados devem ser conduzidos para um melhor direcionamento dos esforços do setor citrícola no intuito de aumentar a eficiência do controle desta doença.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

Formulário utilizado pelos produtores de citros do Estado do Paraná para apresentação à Agência de Defesa Agropecuária do Paraná - ADAPAR do relatório semestral de vistorias de plantas cítricas em relação ao HLB.

**RELATÓRIO SEMESTRAL DE VISTORIAS DE PLANTAS HOSPEDEIRAS DO AGENTE CAUSAL DO HUANGLONGBING-HLB ou (GREENING) - (INSPEÇÃO) PELO PROPRIETÁRIO**

1º SEMESTRE – ANO 200\_\_

2º SEMESTRE – ANO 200\_\_

Proprietário:	CPF /CNPJ:
E-mail:	
Propriedade:	CNPJ:
Localização :	Município:
Endereço p/ Correspondência:	
Município:	
CEP:	Telefone:

Arrendatário(1):	CPF /CNPJ:
E-mail:	
Endereço p/ Correspondência:	
Município:	
CEP:	Telefone:

Data do Término da Inspeção		Talhão	Variedade	Ano de Plantio	Nº de Plantas Eliminadas		Total de Plantas Inspeccionadas	
1º TRIM	2º TRIM				1º TRIM	2º TRIM	1º TRIM	2º TRIM
<b>TOTAL</b>								

A inspeção na propriedade é efetuada por equipe **Própria**  **Terceirizada**

Presença de murta na propriedade (planta hospedeira de greening) ? **Sim**  **Não**

Houve eliminação de murta ? **Sim**  **Não**

Declaro com a finalidade de atender a Instrução Normativa- MAPA nº 53 de 16/10/2008 – art.7º caput e seu § 1º, que vistoriei todas as plantas cítricas e de murta desta propriedade e eliminei as sintomáticas de Huanglongbing-HLB-(Greening), conforme os dados aqui apresentados.

Local e data:

Assinatura /RG

Proprietário

arrendatário

**Observações:**- (1) Se o declarante for arrendatário, deverá se identificar nesse campo e identificar o proprietário da terra. Protocolar no Núcleo Regional da SEAB (Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento) no qual está localizada a propriedade, sendo o do primeiro semestre até 15 de julho do ano em curso e o do segundo semestre até 15 de janeiro do ano seguinte.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

Apêndice 1a. Total e proporção de propriedades avaliadas em relação à incidência de plantas com HLB nas regiões Norte e Noroeste do estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014.

Classe da propriedade	Tamanho da propriedade (número de plantas)	Região			
		Norte		Noroeste	
		Número de propriedades	% de propriedades	Número de propriedades	% de propriedades
Pequena	<5.000	37	32,5	12	13,8
	5.001 a 10.000	23	20,2	14	14,9
Média	10.001 a 15.000	15	13,2	14	14,9
	15.001 a 25.000	25	21,9	10	10,6
	25.001 a 45.000	7	6,1	20	21,3
Grande	45.001 a 70.000	7	6,1	13	14
	>70.000	0	0	11	11,7
Total		114	100	94	100

\*Dados originados dos relatórios entregues pelos produtores de laranja do estado do Paraná a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, em cumprimento da Instrução Normativa número 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA.

## APÊNDICE B

Apêndice 1b. Total e proporção de plantas cítricas de propriedades avaliadas em relação à incidência de HLB nas regiões Norte e Noroeste do estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014.

Classe da propriedade	Tamanho da propriedade (número de plantas)	Região				Total	
		Norte		Noroeste		Número de plantas	% de plantas
		Número de plantas	% de plantas	Número de plantas	% de plantas		
Pequena	<5.000	106.657	6,7	39.340	0,4	145.997	1,3
Média	5.001 a 10.000	172.979	10,9	99.729	1,1	272.708	2,5
	10.001 a 15.000	186.507	11,7	173.924	1,9	360.431	3,3
	15.001 a 25.000	502.539	31,6	186.430	2,0	688.969	6,3
	25.001 a 45.000	222.980	14,0	679.154	7,3	902.134	8,3
Grande	45.001 a 70.000	398.548	25,1	7.244.13	7,8	1.122.961	10,3
	>70.000	0	0	7.391.878	79,5	7.391.878	67,9
Total		1.590.210	100	9.294.868	100	10.885.078	100

\*Dados originados dos relatórios entregues pelos produtores de laranja do estado do Paraná a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, em cumprimento da Instrução Normativa número 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA.

## APÊNDICE C

Apêndice 2. Proporção de propriedades com diferentes níveis de incidência de plantas com HLB na região Norte do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014.

Classe de incidência de HLB (% de plantas doentes)	Quantidade de propriedades (%)									
	2010		2011		2012		2013		2014	
	1º sem. <sup>1</sup>	2º sem.	1º sem.	2º sem.	1º sem.	2º sem.	1º sem.	2º sem.	1º sem.	2º sem.
<0,5	93	83	61	30	11	7	4	2	2	2
0,5 a 1,0	4	5	18	30	19	7	4	2	2	2
1,0 a 2,0	1	5	7	18	21	24	11	9	7	7
2,0 a 5,0	2	3	6	13	32	36	37	34	24	24
5,0 a 10,0	0	1	2	2	7	15	26	26	29	29
10,0 a 20,0	0	1	3	1	3	4	9	15	19	19
>20,0	0	2	4	6	6	8	10	12	18	18

<sup>1</sup>1º sem., primeiro semestre do ano; 2º sem., segundo semestre do ano.

\*Dados originados dos relatórios entregues pelos produtores de laranja do estado do Paraná a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, em cumprimento da Instrução Normativa número 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA.

## APÊNDICE D

Apêndice 3. Proporção de propriedades com diferentes níveis de incidência de plantas com HLB na região Noroeste do Estado do Paraná, durante o período de 2011 a 2014.

Classe de incidência de HLB (% de plantas doentes)	Quantidade de propriedades (%)							
	2011		2012		2013		2014	
	1º sem. <sup>1</sup>	2º sem.	1º sem.	2º sem.	1º sem.	2º sem.	1º sem.	2º sem.
<0,5	98	89	74	61	21	13	9	9
0,5 a 1,0	0	6	19	21	19	15	9	9
1,0 a 2,0	0	2	4	15	31	27	24	24
2,0 a 5,0	0	0	0	1	22	34	35	34
5,0 a 10,0	0	0	0	0	4	9	16	17
10,0 a 20,0	0	0	0	0	0	0	3	3
>20,0	2	2	2	2	2	3	4	4

<sup>1</sup>1º sem., primeiro semestre do ano; 2º sem., segundo semestre do ano.

\*Dados originados dos relatórios entregues pelos produtores de laranja do estado do Paraná a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, em cumprimento da Instrução Normativa número 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA.

## APÊNDICE E

Apêndice 4. Incidência acumulada de plantas com HLB, estratificado por classe de propriedade com base no número de plantas cítricas, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014.

Classe da propriedade (Número de plantas)	Quantidade de propriedades		Quantidade de plantas		Incidência de plantas com HLB <sup>1</sup>				
	Unidades	%	Unidades	%	2010	2011	2012	2013	2014
<5000	49	23,6	143.497	1,3	1,4 ± 0,5	6,7 ± 2,5	9,6 ± 2,5	14,1 ± 2,6	17,3 ± 2,8
5000 a 10000	37	17,8	272.708	2,5	1,3 ± 0,9	1,4 ± 0,8	3,1 ± 1,2	6,0 ± 1,7	7,3 ± 1,8
10001 a 15000	29	13,9	360.431	3,3	0,6 ± 0,2	1,0 ± 0,3	2,5 ± 0,5	4,8 ± 0,8	5,7 ± 0,9
15001 a 25000	35	16,8	688.969	6,3	0,3 ± 0,1	0,8 ± 0,1	2,2 ± 0,3	5,2 ± 0,7	6,7 ± 1,1
25001 a 45000	28	13,0	947.645	8,3	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1	1,1 ± 0,4	2,7 ± 0,5	4,8 ± 1,2
45001 a 70000	19	9,6	1.077.450	10,3	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,8 ± 0,1	2,4 ± 0,5	3,2 ± 0,6
>70000	11	5,3	7.391.878	67,9	- <sup>2</sup>	0,1 ± 0,1	0,3 ± 0,1	1,2 ± 0,2	2,2 ± 0,7
Total	208	100	10.882.578	100	0,1 ± 0,2	0,6 ± 0,6	1,1 ± 0,7	2,7 ± 0,8	6,9 ± 0,9

<sup>1</sup>Média seguida do erro padrão da média; <sup>2</sup>para o ano de 2010 foram consideradas somente as propriedades localizadas na região Norte do Paraná; <sup>3</sup>não foi possível calcular a média devido à não existência de propriedades nesta classe para este ano.

\*Dados originados dos relatórios entregues pelos produtores de laranja do estado do Paraná a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, em cumprimento da Instrução Normativa número 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA.

## APÊNDICE F

Apêndice 5. Incidência acumulada de plantas com HLB, estratificado por classes de propriedades com base no número de plantas cítricas, na região Norte do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014.

Classe da propriedade (Número de plantas)	Quantidade de propriedades		Quantidade de plantas		Incidência de plantas com HLB <sup>1</sup>				
	Unidades	%	Unidades	%	2010	2011	2012	2013	2014
<5000	37	32,5	106.657	6,7	1,39 ± 0,66	8,61 ± 3,19	12,35 ± 3,20	17,35 ± 3,23	21,26 ± 3,41
5000 a 10000	23	20,2	172.979	10,9	1,32 ± 1,12	2,09 ± 1,20	4,55 ± 1,81	8,10 ± 2,61	9,74 ± 2,72
10001 a 15000	15	13,2	186.507	11,7	0,57 ± 0,22	1,81 ± 0,43	4,13 ± 0,73	6,56 ± 1,23	7,86 ± 1,32
15001 a 25000	25	21,9	502.539	31,6	0,28 ± 0,07	1,09 ± 0,17	2,88 ± 0,34	6,32 ± 0,84	8,29 ± 1,38
25001 a 45000	7	6,1	222.980	14,0	0,27 ± 0,13	0,95 ± 0,39	2,75 ± 1,40	4,30 ± 1,60	7,94 ± 4,28
45001 a 70000	7	6,1	398.548	25,1	0,10 ± 0,02	0,42 ± 0,12	1,17 ± 0,25	3,77 ± 0,97	4,79 ± 1,20
>70000	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	114	100	1.590.210	100	0,47 ± 0,31	1,46 ± 1,1	3,22 ± 1,17	6,15 ± 1,29	8,05 ± 1,42

<sup>1</sup>Média seguida do erro padrão da média

\*Dados originados dos relatórios entregues pelos produtores de laranja do estado do Paraná a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, em cumprimento da Instrução Normativa número 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA.

## APÊNDICE G

Apêndice 6. Incidência acumulada de plantas com HLB, estratificado por classe de propriedade com base no número de plantas cítricas, na região Noroeste do Estado do Paraná, durante o período de 2010 a 2014.

Classe da propriedade (Número de plantas)	Quantidade de propriedades		Quantidade total de plantas		Incidência de plantas com HLB <sup>1</sup>			
	Unidades	%	Unidades	%	2011	2012	2013	2014
<5000	11	12,8	36.840	0,4	0,16 ± 0,07	0,42 ± 0,18	3,24 ± 0,77	4,04 ± 0,97
5000 a 10000	13	14,9	93.929	1,0	0,24 ± 0,10	0,47 ± 0,12	2,25 ± 0,25	2,95 ± 0,38
10001 a 15000	14	14,9	173.924	1,9	0,18 ± 0,06	0,66 ± 0,14	2,90 ± 0,66	3,41 ± 0,73
15001 a 25000	11	10,6	212.390	2,3	0,07 ± 0,03	0,24 ± 0,09	1,87 ± 0,50	2,19 ± 0,52
25001 a 45000	20	21,3	698.705	7,5	0,18 ± 0,06	0,54 ± 0,14	2,25 ± 0,49	3,84 ± 0,81
45001 a 70000	12	13,8	678.902	7,3	0,12 ± 0,03	0,63 ± 0,15	1,62 ± 0,37	2,34 ± 0,51
>70000	11	11,7	7.391.878	79,6	0,14 ± 0,07	0,32 ± 0,08	1,20 ± 0,24	2,20 ± 0,73
Total	92	100	9.286.568	100	0,30 ± 0,02	0,56 ± 0,05	1,83 ± 0,20	4,51 ± 0,28

<sup>1</sup>Média seguida do erro padrão da média.

\*Dados originados dos relatórios entregues pelos produtores de laranja do estado do Paraná a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, em cumprimento da Instrução Normativa número 53, de 16 de outubro de 2008 do MAPA.