

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRÉ LUIZ DE SOUZA FONSECA

GREENING NA CITRICULTURA: PANORAMA GLOBAL, DESAFIOS DE
CONTROLE E IMPACTOS PRODUTIVOS

CURITIBA-PR

2025

ANDRÉ LUIZ DE SOUZA FONSECA

GREENING NA CITRICULTURA: PANORAMA GLOBAL, DESAFIOS DE
CONTROLE E IMPACTOS PRODUTIVOS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Araújo.

CURITIBA-PR

2025

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, minha grande companheira de vida, que esteve ao meu lado em todos os momentos, oferecendo amor, paciência e compreensão mesmo nos períodos mais difíceis dessa caminhada. Aos meus filhos, fonte de inspiração diária e razão pela qual sempre busco ser melhor — esse trabalho também é para vocês.

Aos amigos que esse curso me deu, que sempre estiveram por perto com palavras de apoio, incentivo e, muitas vezes, aquele momento de descontração necessário para continuar.

Agradeço também aos colegas de trabalho da ADAPAR, pelo companheirismo, pela troca de experiências e pelo apoio constante. Ter pessoas tão comprometidas ao meu lado tornou essa jornada muito mais leve e possível.

A Universidade Federal do Paraná, pelo excelente conteúdo e pela oportunidade de aprendizado e crescimento. Foi um privilégio dividir essa caminhada com colegas de diversas partes do Brasil, construindo não apenas conhecimento, mas amizades e memórias que levarei para a vida toda.

Por fim, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo Araújo, pela dedicação, paciência e pelas valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Seu apoio foi fundamental para a concretização deste projeto.

RESUMO

O Huanglongbing (HLB), conhecido como Greening, atualmente é considerada a doença mais destrutiva da citricultura mundial. O HLB é causado pela bactéria *Candidatus Liberibacter asiaticus* e transmitida pelo psíldeo *Diaphorina citri*. Essa doença compromete a produtividade, a qualidade e a sustentabilidade da atividade citrícola em nível global. A ocorrência dessa doença corresponde a uma ameaça à liderança produtiva do Brasil, segundo maior produtor mundial de citros e principal produtor de laranja. O presente trabalho objetivou analisar o panorama do Greening em âmbito mundial, nacional e no estado do Paraná, aprofundando-se no entendimento da doença, nos estudos sobre o vetor, nas estratégias de manejo e controle, bem como nos desafios enfrentados e no impacto econômico associado. A metodologia adotada baseou-se em uma revisão narrativa e integrada da literatura científica publicada entre 2015 e 2025, utilizando o modelo PCC (População, Conceito e Contexto). Atualmente, a incidência do HLB está em 44,4% dos pomares em 2024, no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais. No estado do Paraná, terceiro maior produtor nacional, a doença está presente em todos os municípios onde há cultivo comercial de citros. A doença causa sintomas como mosqueamento foliar, morte radicular, frutos deformados, queda dos frutos e redução na qualidade, podendo provocar perdas superiores a 60% da produção em plantas afetadas. Diante da inexistência de defensivos agrícolas com ação curativa e de variedades comerciais resistentes, o controle do Greening depende de estratégias preventivas e integradas. Entre as principais medidas destacam-se o uso de mudas certificadas, eliminação de plantas sintomáticas, controle químico com produtos de ação preventiva e biológico do vetor, monitoramento sistemático e manejo regional coordenado. A detecção precoce, contudo, permanece como um desafio, sendo essencial o desenvolvimento de métodos de detecção precoce viáveis economicamente, de variedades resistentes e aprimoramento do controle biológico para garantir a sustentabilidade da citricultura global. O Greening representa um fator limitante para a atividade citrícola, exigindo inovação contínua e ações coordenadas regionalmente para enfrentar esta grave ameaça fitossanitária, que compromete a viabilidade econômica e a cadeia produtiva dos citros no mundo.

Palavras-chave: Citricultura. *Diaphorina citri*. Doenças de plantas. Huanglongbing. Impacto econômico. Manejo fitossanitário.

ABSTRACT

Huanglongbing (HLB), also known as citrus Greening, is currently considered the most destructive disease affecting global citrus production. HLB is caused by the bacterium *Candidatus Liberibacter asiaticus* and transmitted by the psyllid *Diaphorina citri*. This disease severely impacts productivity, fruit quality, and the overall sustainability of the citrus industry worldwide. Its occurrence poses a significant threat to Brazil's leading position as the world's second-largest citrus producer and the largest producer of sweet oranges. This study aimed to analyze the global, national, and regional (Paraná state) scenario of citrus Greening, with a focus on the disease's biological and epidemiological aspects, vector-related research, management and control strategies, associated economic impacts, and ongoing challenges. The methodology was based on an integrated narrative review of scientific literature published between 2015 and 2025, using the PCC (Population, Concept, and Context) framework. As of 2024, the incidence of HLB reached 44.4% of citrus orchards in the citrus belt of São Paulo and the Triângulo/Southwest region of Minas Gerais. In Paraná state, the third-largest citrus-producing region in Brazil, the disease is present in all municipalities with commercial citrus cultivation. The symptoms caused by HLB include leaf mottling, root decline, fruit deformation, premature fruit drop, and overall reduction in fruit quality, potentially leading to yield losses exceeding 60% in affected trees. Due to the absence of curative agrochemicals and resistant commercial varieties, HLB control relies on integrated and preventive management strategies. Key measures include the use of certified nursery trees, removal of symptomatic plants, preventive chemical control, biological control of the vector, systematic monitoring, and regionally coordinated management approaches. Nonetheless, early detection remains a major challenge. Thus, the development of economically viable early diagnostic methods, resistant cultivars, and enhanced biological control agents is essential to ensure the sustainability of global citrus production. Citrus Greening has become a limiting factor for citrus farming, demanding continuous innovation and coordinated regional efforts to confront this severe phytosanitary threat, which compromises the economic viability and supply chain of the citrus industry worldwide.

Keywords: Citrus industry. *Diaphorina citri*. Plant diseases. Huanglongbing. Economic impact. Phytosanitary management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida do psíldeo <i>Diaphorina citri</i> : ovo, ninfa e organismo adulto.....	23
Figura 2. Sintomas de deficiência de nutrientes, deficiência de zinco (A), deficiência de manganês (B), deficiência de magnésio (C), deficiência de ferro (D), deficiência de cálcio (E) e deficiência de nitrogênio (F)	25
Figura 3. Sintomas do Greening nas folhas de laranjeiras, padrão diagnóstico de manchas foliares de HLB (A), cortiça nas nervuras (B), ilhas verdes (C) e manchas (D) nas folhas	26
Figura 4. Planta afetada por HLB, com folhas sintomáticas (A, B), morte de brotos (C) e queda excessiva de frutos (D).....	27
Figura 5. Sintomas da doença HLB no fruto A (Fonte: Thakuria <i>et al.</i> (2023)) e B (Fonte: A. Henrique Santos).....	28
Figura 6. Padrão de manchas diferentes em ambos os lados da folha (A), presença de ninfa e adulto de psíldeo dos citros (B), vista verde semelhante a uma ilha na superfície da folha (C) e fruto assimétrico com sementes abortadas (D).....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO11

1.1 JUSTIFICATIVA13

1.2 OBJETIVOS14

1.2.1 Objetivo Geral14

1.2.2 Objetivos Específicos14

2 METODOLOGIA15

2.1 TIPO DE ESTUDO E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE15

2.2 BASES CONSULTADAS, ESTRATÉGIA DE BUSCA E PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DA INFORMAÇÃO16

2.3 ANÁLISE E SÍNTESE DOS DADOS16

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA18

3.1 HISTÓRICO E PANORAMA DA CITRICULTURA18

3.1.1 Histórico da citricultura18

3.1.2 Principais países e estados brasileiros produtores19

3.1.3 Principais cultivares cultivadas no mundo e no Brasil19

3.2 PANORAMA DO GREENING NO MUNDO E NO BRASIL20

3.3 DOENÇA GREENING DOS CITROS21

3.3.1 Etiologia21

3.3.2 Sintomas e consequências na produção e qualidade24

3.4 MANEJO DA DOENÇA GREENING30

4 CONCLUSÃO35

REFERÊNCIAS36

1 INTRODUÇÃO

A citricultura representa uma das mais importantes cadeias produtivas do mundo, tanto em termos econômicos quanto sociais. A China é, atualmente, o maior produtor de citros do mundo. O Brasil ocupa a segunda posição no cultivo de citros e primeiro no cultivo de laranja, conforme a atualização mais recente da FAO (FAO, 2025). Segundo o IBGE (2025), em 2023, o Brasil produziu 20.392.219 toneladas de laranja, limão e tangerina. O estado de São Paulo foi responsável pela maior colheita, enquanto o Paraná ocupou a terceira posição no ranking nacional, com um total de 925.483 toneladas.

A produção mundial de citros, incluindo a do Brasil, enfrenta ameaças por diversos fatores bióticos, especialmente doenças e pragas de alto impacto. Entre elas, destacam-se a tristeza dos citros (Pazolini *et al.*, 2021), o cancro cítrico, além de pragas, como broca-dos-frutos, mosca das frutas e o pulgão *Toxoptera citricida* (Moreira *et al.*, 2022). Dentre as principais ameaças, o Huanglongbing (HLB), popularmente conhecida como Greening (Pazaloni *et al.*, 2021) é considerada a doença mais destrutiva dos citros.

O HLB é causado pela bactéria *Candidatus Liberibacter asiaticus* e transmitida pelo psíldeo *Diaphorina citri* provocando redução drástica da produção (Canale *et al.*, 2017; Pazaloni *et al.*, 2021; Hu *et al.*, 2022). A bactéria provoca a degeneração dos vasos do floema, acúmulo de amido nas folhas e redução da fotossíntese, levando ao declínio e morte da planta (Suh *et al.*, 2021). Os sintomas incluem folhas com manchas assimétricas, frutos pequenos, deformados e com coloração irregular (mais verdes), além de queda prematura dos frutos (Dala-Paula *et al.*, 2019; Martínez-Netro *et al.*, 2024). O diagnóstico é desafiador, pois os sintomas podem ser confundidos com deficiências nutricionais, o que dificulta a identificação precoce (Deng *et al.*, 2016).

O controle envolve o uso de mudas sadias, eliminação de plantas doentes e controle do vetor, mas ainda não há variedades resistentes (Pazaloni *et al.*, 2021). Devido à alta agressividade da doença e ausência de defensivos agrícolas com ação curativa, o HLB provoca perdas econômicas, exigindo a erradicação de plantas infectadas, aumento no uso de defensivos e reestruturação de manejos fitossanitários (Bassanezi *et al.*, 2020).

O HLB é considerado a principal preocupação da citricultura brasileira, devido à rápida disseminação e dificuldade de controle da doença, mesmo em países com sistemas de produção mais tecnificados. No Brasil, epicentro da produção mundial de suco cítrico, o avanço da doença representa uma ameaça direta à economia do setor (Fundecitrus, 2023). Devido inexistência de defensivos agrícolas com ação curativa, o controle baseia-se no manejo preventivo com a adoção de medidas de exclusão, erradicação e proteção (Castilhos *et al.*, 2017). A complexidade do manejo exige estratégias integradas, que envolvem o monitoramento intensivo e controle do vetor, a eliminação imediata de plantas sintomáticas, o uso de mudas livres de doenças, um bom manejo da nutrição e da irrigação do pomar (Li *et al.*, 2021; Pokhrel *et al.*, 2021; Graham *et al.*, 2024).

Diante da relevância do Greening na citricultura, objetiva-se analisar de forma abrangente, o cenário mundial, nacional e estadual da doença, bem como seus aspectos biológicos e epidemiológicos. Além disso, busca-se identificar os principais desafios no controle da doença, compreender a dinâmica do vetor *D. citri*, avaliar as estratégias de manejo utilizadas e examinar os impactos econômicos decorrentes da sua incidência.

1.1 JUSTIFICATIVA

A citricultura é uma atividade de grande importância econômica e social, com o Brasil ocupando posição de destaque, como maior produtor de laranja e segundo maior de citros do mundo. No entanto, a produção enfrenta sérias ameaças fitossanitárias, especialmente devido ao aumento da presença do HLB ou Greening nos pomares, pois, atualmente, é considerada a doença mais destrutiva dos citros.

Causada pela bactéria *C. Liberibacter asiaticus* e transmitida pelo psíldeo *D. citri*, a HLB provoca queda de frutos, morte de plantas e prejuízos. Devido à inexistência de produtos fitossanitários com ação curativa, o controle da doença é dependente de estratégias integradas de manejo preventivo. Assim, estudar o Greening é essencial para compreender sua dinâmica, impactos e controle, além de fornecer informações práticas e aplicáveis a agricultores, engenheiros agrônomos, técnicos e demais profissionais do setor agrícola, contribuindo para a sustentabilidade da citricultura.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o panorama do Greening em âmbito mundial, nacional e no estado do Paraná, aprofundando-se no entendimento da doença, nos estudos sobre o vetor, nas estratégias de manejo e controle, bem como nos desafios enfrentados e no impacto econômico associado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o panorama da doença em nível mundial, nacional e estadual;
- Compreender aspectos biológicos e epidemiológicos relacionados à doença;
- Identificar os principais desafios enfrentados no controle da doença;
- Investigar os estudos sobre o vetor responsável pela disseminação da doença;
- Identificar estratégias de manejo e controle da doença;
- Examinar os impactos econômicos da doença.

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO DE ESTUDO E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

O trabalho corresponde a uma revisão narrativa e integrada da literatura, com o propósito de reunir, organizar e analisar criticamente os conhecimentos científicos disponíveis acerca do Huanglongbing (HLB) ou Greening dos citros, abordando sua distribuição global, estratégias de controle, impactos econômicos e produtivos.

A revisão considerou publicações do período de 2015 a 2025, com o objetivo de reunir os principais avanços registrados nos últimos dez anos quanto os aspectos biológicos, epidemiológicos, métodos de diagnóstico, estratégias de manejo, vetor e impactos econômicos do HLB na produção citrícola.

A definição dos critérios de inclusão dos estudos seguiu o modelo PCC (População, Conceito e Contexto), conforme delineado por Peters *et al.* (2015), visando garantir a coerência com os objetivos da revisão:

População: estudos que abordem *Candidatus Liberibacter spp.*, o vetor *Diaphorina citri*, plantas do gênero *Citros spp.* e sistemas de produção citrícola;

Conceito: investigações relacionadas à etiologia, epidemiologia, sintomatologia, diagnóstico, controle e impactos econômicos associados ao HLB;

Contexto: trabalhos desenvolvidos em ambientes laboratoriais, experimentais ou comerciais, que explorem a ocorrência da doença e as estratégias de manejo adotadas em diferentes regiões produtoras.

A seleção abrangeu estudos originais, revisões narrativas e sistemáticas, livros da área, relatórios técnicos de órgãos oficiais, boletins fitossanitários, publicados entre 2015 e 2025, redigidos em português, inglês ou espanhol, com texto completo disponível e submetidos à revisão por pares ou provenientes de instituições reconhecidas no setor citrícola.

Foram desconsideradas as publicações que não abordavam diretamente o HLB ou temas relacionados à citricultura, bem como os artigos indisponíveis na íntegra, estudos sem revisão por pares (exceto documentos técnicos oficiais), trabalhos com fragilidades metodológicas relevantes e aqueles que não tratavam de ao menos um dos aspectos centrais definidos para esta revisão.

2.2 BASES CONSULTADAS, ESTRATÉGIA DE BUSCA E PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DA INFORMAÇÃO

A identificação das publicações relevantes foi realizada por meio de buscas sistemáticas nas seguintes bases de dados eletrônicas: Periódicos da CAPES, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO, Google Scholar. Adicionalmente, foram consultadas fontes oficiais especializadas como: Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura), FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que forneceram dados estatísticos e técnicos relevantes sobre a citricultura e a incidência do HLB.

A estratégia de busca foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, os descritores foram definidos com base em literatura científica especializada, utilizando-se operadores booleanos para ampliar a recuperação de resultados relevantes. As combinações empregadas foram: ("Huanglongbing" OR "HLB" OR "Greening" OR "citrus Greening") AND ("citrus" OR "citricultura" OR "citros"); ("Candidatus Liberibacter" OR "Diaphorina citri") AND ("controle" OR "manejo" OR "management"); ("citrus production" OR "produção citrícola") AND ("economic impact" OR "impacto econômico"); ("integrated pest management" OR "manejo integrado") AND ("citrus diseases" OR "doenças dos citros").

Os critérios estabelecidos limitaram o período de publicação ao intervalo entre 2015 e 2025 e restringiram os idiomas aos previamente mencionados. Na fase de refinamento, foram removidos manualmente os registros duplicados e, em seguida, aplicaram-se os critérios de elegibilidade, com o objetivo de assegurar a qualidade e a relevância dos estudos selecionados para a revisão.

Os títulos e resumos das publicações foram analisados de acordo com os critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Na sequência, os artigos potencialmente relevantes foram avaliados integralmente, com o objetivo de confirmar sua adequação aos objetivos propostos na presente revisão, para posterior extração das informações relevantes para a revisão.

2.3 ANÁLISE E SÍNTESE DOS DADOS

Os dados obtidos foram organizados e interpretados por meio de uma abordagem descritiva e comparativa, para a identificação de padrões recorrentes, tendências emergentes, lacunas no conhecimento e orientações para o

aprimoramento das práticas de manejo do HLB na citricultura. A análise considerou a consistência metodológica dos estudos, a convergência dos resultados e suas implicações para o manejo sustentável dos citros.

Os dados foram organizados em categorias temáticas alinhadas aos objetivos específicos da pesquisa. Abordou o panorama epidemiológico do HLB; aspectos biológicos e epidemiológicos da doença e do vetor; sintomas e impactos na produção; desafios no controle; estratégias de manejo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO E PANORAMA DA CITRICULTURA

3.1.1 Histórico da citricultura

O cultivo de citros envolveu um longo processo de domesticação e dispersão geográfica. O gênero *Citrus* spp. é originado de regiões tropicais e subtropicais do sudeste asiático, abrangendo o nordeste da Índia, sul da China, norte de Mianmar, península da Indochina e arquipélago Malaio (Wu *et al.*, 2018; Inglese; Sortinho, 2019; Deng *et al.*, 2020; Zhog; Nicolosi, 2020).

A grande maioria das variedades atuais, como laranja doce, tangerina, limão e pomelo, derivam de três espécies ancestrais, são elas: *Citrus medica* (cidra), *Citrus maxima* (pomelo) e *Citrus reticulata* (mandarim). A domesticação ocorreu através da seleção de variedades silvestres, hibridização e mutações espontâneas, resultando na grande diversidade genética atual (Wu *et al.*, 2018; Zhog; Nicolosi, 2020).

O cultivo iniciou na Ásia, especialmente na China, Japão e Índia, com posterior expansão para o Oriente Médio e Mediterrâneo (Inglese; Sortinho, 2019; Deng *et al.*, 2020). Inicialmente, na Europa apenas a cidra era conhecida, posteriormente, os muçulmanos introduziram o limão, a lima, o pomelo e a laranja azeda via Península Ibérica e Sicília. A Laranja doce, mandarina e toranja foram introduzidas no Ocidente entre os séculos XV e XIX, impulsionadas pelo comércio colonial (Inglese; Sortinho, 2019) e partir de 1492, os citros foram levados para as Américas, África do Sul e Austrália, tornando-se culturas de grande importância econômica e cultural (Inglese; Sortinho, 2019; Zhog; Nicolosi, 2020).

No Brasil, a introdução dos citros, aconteceu por meio dos colonizadores espanhóis e portugueses no século XVI, que trouxeram laranjas do Sul da Ásia. Inicialmente, os citros foram cultivados para o consumo local e, posteriormente, ocorreu expansão do cultivo devido à disponibilidade de terras e condições climáticas que favoreceram a produção, principalmente, nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para o estado de São Paulo, que se tornou o maior polo citrícola do país (Souza *et al.*, 2020).

Atualmente, os citros são cultivados em mais de 140 países, com grande relevância econômica global (Inglese; Sortinho, 2019; Zhog; Nicolosi, 2020), além de apresentarem importante papel em rituais religiosos, artes, literatura e gastronomia (Inglese; Sortinho, 2019).

3.1.2 Principais países e estados brasileiros produtores

Os países que lideram na produção de frutas cítricas são a China (96.276.872,4 t), Brasil (20.476.943,5 t), Índia (14.605.000 t) e México (9.494.579,7 t). Dentre as frutas cítricas, as laranjas, tangerinas, limões, limas, toranja e pomelo se destacam pela grande escala de produção de acordo com a FAO (2025). O Brasil ocupa a segunda posição na produção de citros mundial, mas encontra-se na primeira posição na produção de laranja (FAO, 2025).

No ano de 2023, o Brasil produziu 20.392.219 toneladas de laranja, limão e tangerina. O estado de São Paulo foi responsável pela maior colheita, com produção de 15.250.897 t, Minas Gerais pela segunda maior produção com 1.484.960 t, Paraná ocupou a terceira posição com um total de 925.483 t, e Bahia e Sergipe ocupam a quarta e quinta posição com as respectivas produções de 704.549 e 415.308 t (IBGE, 2025).

3.1.3 Principais cultivares cultivadas no mundo e no Brasil

As principais categorias do gênero *Citrus* que são cultivadas ao redor do mundo incluem laranjas doces, tangerinas, toranjas, limões e limas. Cada uma dessas variedades possui características próprias e requer condições climáticas específicas (Abdel-Sattar, Al-Obeed, Aboukarima, 2024).

No grupo de laranjas doces (*Citrus sinensis*), encontram-se variedades como Valencia, Washington Navel, Jaffa e Red Blood que são muito cultivadas para consumo *in natura* e para a produção de suco. Já as mandarinas e tangerinas (*Citrus reticulata*) incluem variedades como Murcott, Fremont, Satsuma, Clementina, além de híbridos como tangelos e tangors (Abdel-Sattar, Al-Obeed, Aboukarima, 2024). Nos grupos das toranjas (*Citrus paradisi*) e do pomelo (*Citrus grandis*), destacam-se as cultivares Marsh e Ruby Red, ambas da espécie *C. paradisi*. Os limões (*Citrus limon*) e as limas (*Citrus aurantifolia*) também têm suas variedades, como a Bearss Seedless Lime (Abdel-Sattar, Al-Obeed, Aboukarima, 2024). Além

disso, há os citros de origem híbrida, como o *Citrus latifolia*, conhecido como limão-da-pérsia ou limão-taiti, que surgiu por uma hibridização natural entre *C. aurantifolia* e outras espécies, resultando em alta heterozigosidade e baixa recombinação genética (Rouiss *et al.*, 2018).

A China se destaca como o maior produtor mundial de citros, cultivando principalmente tangerinas e pomelos. Já o Brasil é o maior produtor de laranja para suco, com destaque para as variedades doces, especialmente as cultivares 'Valência' e 'Pera' (Singh *et al.*, 2021). A Índia ocupa a terceira posição no ranking global e produz uma quantidade significativa de laranjas doces, mandarinas, tangerinas e limas ácidas (Singh *et al.*, 2021). O México, por sua vez, é conhecido principalmente pela produção de laranjas doces e limas ácidas, além de ser o maior produtor mundial de limões, especialmente as variedades limão mexicano (*C. aurantifolia*) e limão persa (*C. latifolia*) (Sandoval; Ávila, 2019).

3.2 PANORAMA DO GREENING NO MUNDO E NO BRASIL

A citricultura apresenta grande importância econômica e social, porém é amplamente afetada por doenças que comprometem a sustentabilidade do sistema de produção (Noorizadeh *et al.*, 2022). Esses problemas envolvem doenças causadas por bactérias, fungos e vírus (Bassanezi *et al.*, 2016).

O Huanglongbing (HLB), também conhecido como "Greening" ou "amarelão", é considerado a doença mais destrutiva da citricultura mundial (Bassanezi *et al.*, 2020; Thakuria *et al.*, 2023), causado por uma α -proteobactéria Gram-negativa limitada ao floema, *Candidatus Liberibacter*, sendo três espécies, a *Candidatus Liberibacter africanus* (C Laf), *Candidatus Liberibacter asiaticus* (C Las) e *Candidatus Liberibacter americanus* (C Lam) (Bassanezi *et al.*, 2016; Tipu *et al.*, 2021).

O HLB asiático está associado principalmente ao C Las que é encontrada em todo o mundo, incluindo no hemisfério ocidental. A C Lam foi inicialmente encontrada apenas no Brasil, C Laf associada ao Greening na África é encontrada predominantemente na Arábia Saudita, África do Sul e em algumas ilhas no Oceano Índico (Thakuria *et al.*, 2023).

Inicialmente, a forma asiática da doença estava restrita aos países do sudeste asiático, enquanto a forma africana ocorria no leste africano (Bassanezi *et*

al., 2016). Em 2004, foi relatada a primeira ocorrência da forma asiática em São Paulo, onde entre 2004 e 2014 foram erradicadas mais de 40 milhões de plantas. Após o primeiro relato em São Paulo, o HLB se espalhou para Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul, afetando as principais regiões produtoras (Bassanezi *et al.*, 2020). A doença foi constatada pela primeira vez no Paraná no ano de 2007, atualmente, há registro do HLB em todos os municípios das regiões Noroeste e Norte do Paraná, onde há cultivo comercial de citros (ADAPAR, 2025).

Após a detecção da forma asiática no Brasil, detectou-se a presença em outros países americanos, o HBL está presente nos principais países produtores de cítricos na América (Brasil, Estados Unidos e México), além de quase todos os países da América Central e Caribe, e no Paraguai e Argentina, na América do Sul (Bassanezi *et al.*, 2016).

A bactéria *C. Las* está presente em mais de 99,9% de todas as amostras de campo positivas para *C. Liberibacter* analisadas no laboratório de diagnóstico do Fundo de Proteção dos Citros (Fundecitrus) (Bassanezi *et al.*, 2020). No ano de 2023, a incidência média de Greening nas laranjeiras do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais foi de 38,06%, com aproximadamente, 77,22 milhões de árvores doentes do total de 202,88 milhões, índice de 56% maior do que o de 2022, estimado em 24,42% (Fundecitrus, 2023). Já em 2024, a incidência no período de junho a julho de 2024, aumentou para 44,35% (Fundecitrus, 2024).

3.3 DOENÇA GREENING DOS CITROS

3.3.1 Etiologia

A doença HBL é causada por três espécies, a *C Laf*, *C Las* e *C Lam*, Gram-negativas e restritas aos vasos do floema (Bassanezi *et al.*, 2016; Tipu *et al.*, 2021).

A *C Las* é causadora da forma asiática da doença e tolerante a altas temperaturas (acima de 38 °C), a *C Laf*, causadora da forma africana e sensível a altas temperaturas (de 27 a 32°C), e a *C Lam*, também intolerante a altas temperaturas (acima de 32°C). Além de ter menor tolerância as altas temperaturas, a *C Lam* apresenta-se com menor concentração nas plantas de citros e tem menor eficiência de transmissão pelo vetor (Bassanezi *et al.*, 2016).

A doença é causada principalmente pela espécie C Las (Bassanezi *et al.*, 2020; Bazany *et al.*, 2022; Thakuria *et al.*, 2023), que se destaca por apresentar rápida disseminação e por causar perdas econômicas severas, enquanto C Laf e C Lam têm impacto mais localizado e restrito (Thapa *et al.*, 2020). As formas asiática e americana são transmitidas naturalmente pelo psíldeo asiático dos citros *Diaphorina citri*, enquanto a africana pelo psíldeo *Trioza erytreae* (Bassanezi *et al.*, 2016). Ao entrar no floema do hospedeiro, o C Las altera rapidamente seu comportamento para um ambiente muito diferente do seu inseto vetor, a bactéria codifica uma variedade de características que lhe permitem crescer, se espalhar e escapar das defesas do hospedeiro (Pandey *et al.*, 2022).

O psíldeo asiático dos citros *Diaphorina citri* é uma espécie destrutiva, pois é vetor das bactérias limitadas ao floema C Lam e C Las (Fundecitrus, 2022; Aidoo *et al.*, 2022).

As fêmeas de *D. citri* podem colocar até 800 ovos, que são amarelos e ficam aderidos às folhas das novas brotações. O ciclo de desenvolvimento, que vai do ovo a adulto, dura entre 15 dias no verão e até 40 dias no inverno (Figura 1). As ninfas são achatadas e têm uma coloração amarelo alaranjada. Esses insetos se alimentam de brotos novos e se movem lentamente. Durante a alimentação, acabam eliminando uma grande quantidade de substâncias brancas. Eles medem entre 2 e 3 mm de comprimento e possuem asas translúcidas com bordas escuras. Geralmente, são encontrados nas brotações, que é o local que preferem para se alimentarem, mas também podem aparecer em folhas maduras (Miranda, 2022).

Figura 1. Ciclo de vida do psíldeo *Diaphorina citri*: ovo, ninfa e organismo adulto.



Fonte: Miranda (2022).

Segundo Antolínez *et al.* (2022) e Ayres *et al.* (2023), a temperatura é um dos fatores que mais afetam a duração do ciclo de vida dos psíldeos (Antolínez *et al.*, 2022; Ayres *et al.*, 2023). As temperaturas em torno de 25 °C são ideais para o seu desenvolvimento, enquanto as temperaturas mais altas ou mais baixas podem, respectivamente, acelerar ou atrasar esse ciclo. As temperaturas abaixo de 12 °C ou acima de 32 °C dificultam o desenvolvimento do psíldeo, mas não o matam. De acordo com Ayres *et al.* (2023), este psíldeo consegue sobreviver até mesmo na ocorrência de geadas. Antolínez *et al.* (2022) estudou a influência das máximas diárias de temperatura no desenvolvimento do psíldeo *D. citri* e constatou que o inseto completa seu ciclo de vida em temperaturas de até 40 °C, independente do tempo de exposição. Ayres *et al.* (2023) afirmam que os adultos vivem, em média, 30 dias, mas que em temperaturas menores que 25 °C, podem sobreviver por até 90 dias.

O período de maior atividade de voo do psíldeo é entre 14 h e 16 h e temperaturas entre 26 e 28 °C, podendo se dispersar até 2 km em um único voo, embora há relatos que o psíldeo pode se dispersar por maiores distâncias de acordo com o vento. Entende-se que as maiores dispersões ocorrem em condições

de baixas umidades relativas ar e maior ocorrência de brotações e ventos (Ayres *et al.*, 2023).

O psílídeo é uma praga sugadora de seiva de citros, e pode adquirir a bactéria durante todos os estágios, ninfais e na fase adulta (Figura 1), sendo a eficiência de aquisição maior nos estágios ninfais em relação à fase adulta (Ammar *et al.*, 2016; Ayres *et al.*, 2023). Na fase adulta, a C Las é adquirida durante a alimentação e é distribuída em vários tecidos, como as glândulas salivares, intestino médio e hemolinfa (Ghanim *et al.*, 2017; Raiol-Junior *et al.*, 2021).

Após aquisição, há necessidade de um período de incubação de uma a duas semanas para que o inseto possa começar a transmitir a bactéria, necessitando de um período de alimentação de uma hora para inoculação, com aumento da eficiência de inoculação à medida que se aumenta o tempo de alimentação. As ninfas têm uma eficiência de transmissão entre 7 e 9%, já os que adquiriram a bactéria quando adultos apresentam uma eficiência de transmissão abaixo de 5% (Bassanezi *et al.*, 2016). Após a inoculação, ocorre o movimento rápido e predominante de C Las para brotos e raízes recém-desenvolvidos (Raiol-Junior *et al.*, 2021).

Quando transmitido pelo psílídeo, os sintomas geralmente aparecem após um período de incubação que varia de 6 a 12 meses, dependendo do momento em que a planta foi infectada. No entanto, a bactéria pode estar presente em brotos de plantas infectadas por até 2 meses antes dos sintomas se manifestarem, mesmo sem sinais visíveis (Bassanezi *et al.*, 2016).

As condições climáticas influenciam na quantidade de bactéria nos brotos e na disseminação do Greening. Quando uma planta doente emite brotos sob temperatura do ar é de 24 a 38 °C por pelo menos 72 h, a quantidade de bactéria nesses brotos pode ser 30% menor, se comparada à quantidade de bactéria na temperatura de 18 a 28 °C. Com a menor quantidade de bactéria no broto, menor é a chance de sua aquisição pelo psílídeo e, conseqüentemente, de transmissão para uma planta sadia (Ayres *et al.*, 2023).

3.3.2 Sintomas e consequências na produção e qualidade

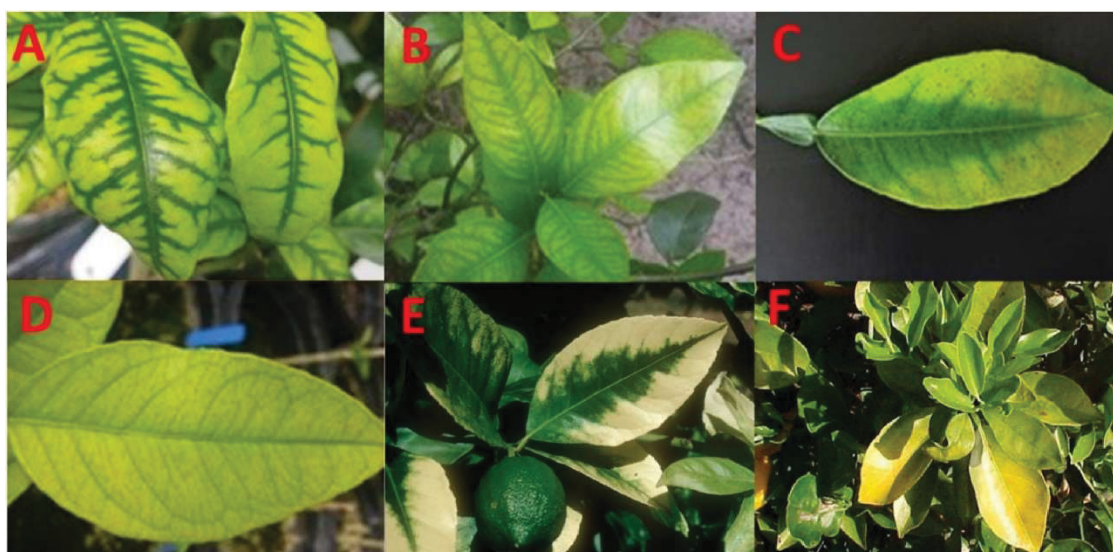
Segundo Tipu *et al.* (2021) e Thakuria *et al.* (2023), os sintomas das folhas de plantas afetadas por HBL são, frequentemente, confundidos com os déficits de

nutrientes. Segundo Tipu *et al.* (2021) podem ser confundidos com a deficiência de zinco, ferro, manganês e cálcio e segundo Thakuria *et al.* (2023) com a deficiência de zinco e boro. A infecção *por C* Las ocasiona a formação de tecido necrótico no floema devido à deposição de amido (Thakuria *et al.*, 2023), ocorrendo assim, o impedimento do movimento de nutrientes e açúcares nos tecidos internos (Bendix; Lewis, 2018; Thakuria *et al.*, 2023)

O impedimento do movimento de nutrientes e açúcares nos tecidos internos, ocasiona os sintomas nas folhas, que de acordo com Tipu *et al.* (2021) ocorre o amarelecimento das folhas e manchas devido à ausência de alguns nutrientes como zinco, ferro, manganês e cálcio, que também são semelhantes aos sintomas de Greening. Essa doença também é responsável pelo amarelecimento das folhas, resultante de deficiências minerais, portanto, diagnosticar a deficiência de nutrientes minerais a partir dos sintomas de Greening é fundamental.

Os sintomas podem ser diferenciados, a partir da observação do padrão das manchas, que quando se trata de deficiências nutricionais, ocorre o padrão simétrico, usando a nervura central como espelho, ocorre réplicas quase exatas de cada, ou seja, os padrões sempre ocorrem ao longo da nervura central (Figura 2).

Figura 2. Sintomas de deficiência de nutrientes, deficiência de zinco (A), deficiência de manganês (B), deficiência de magnésio (C), deficiência de ferro (D), deficiência de cálcio (E) e deficiência de nitrogênio (F).



Fonte: Tipu *et al.* (2021).

Enquanto manchas assimétricas difusas são produzidas quando o HLB afeta a planta (Tipu *et al.*, 2021), que podem ser mostradas como manchas atípicas de verde-claro ou amarelo em contraste com a cor verde normal da folha. Segundo Bassanezi *et al.* (2016) e Ayres *et al.* (2024), as folhas ficam mosqueadas com a presença ou não de nervuras salientes. O mosqueado é um gradiente de cores que vai de verde escuro até amarelo, sem a ocorrência de uma separação nítida entre elas. As áreas verdes e amarelas não são iguais entre si, nas metades da folha separaram-se pela nervura principal (Figura 3).

Figura 3. Sintomas do Greening nas folhas de laranjeiras, padrão diagnóstico de manchas foliares de HLB (A), cortiça nas nervuras (B), ilhas verdes (C) e manchas (D) nas folhas.



Fonte: Tipu *et al.* (2021)

Com o avanço dos sintomas foliares, a planta afetada por HLB, apresenta as folhas estreitas e verticais, bem como em brotos amarelos, onde as nervuras amarelas são vistas nas folhas. Além disso, observa-se nanismo, floração fora de época, aparência geral amarela e queda de frutos (Shahzad *et al.*, 2020).

Os sintomas iniciam apenas em uma parte da copa e podem evoluir ocupando toda a copa (Bassanezi *et al.*, 2016; Tipu *et al.*, 2021) (Figura 4). Antes que os sintomas nas folhas apareçam, ocorre a morte da raiz. As árvores afetadas por HLB possuem de 40% a 50%, menos biomassa de raízes em comparação com árvores saudáveis (Shahzad *et al.*, 2020).

Figura 4. Planta afetada por HLB, com folhas sintomáticas (A, B), morte de brotos (C) e queda excessiva de frutos (D).



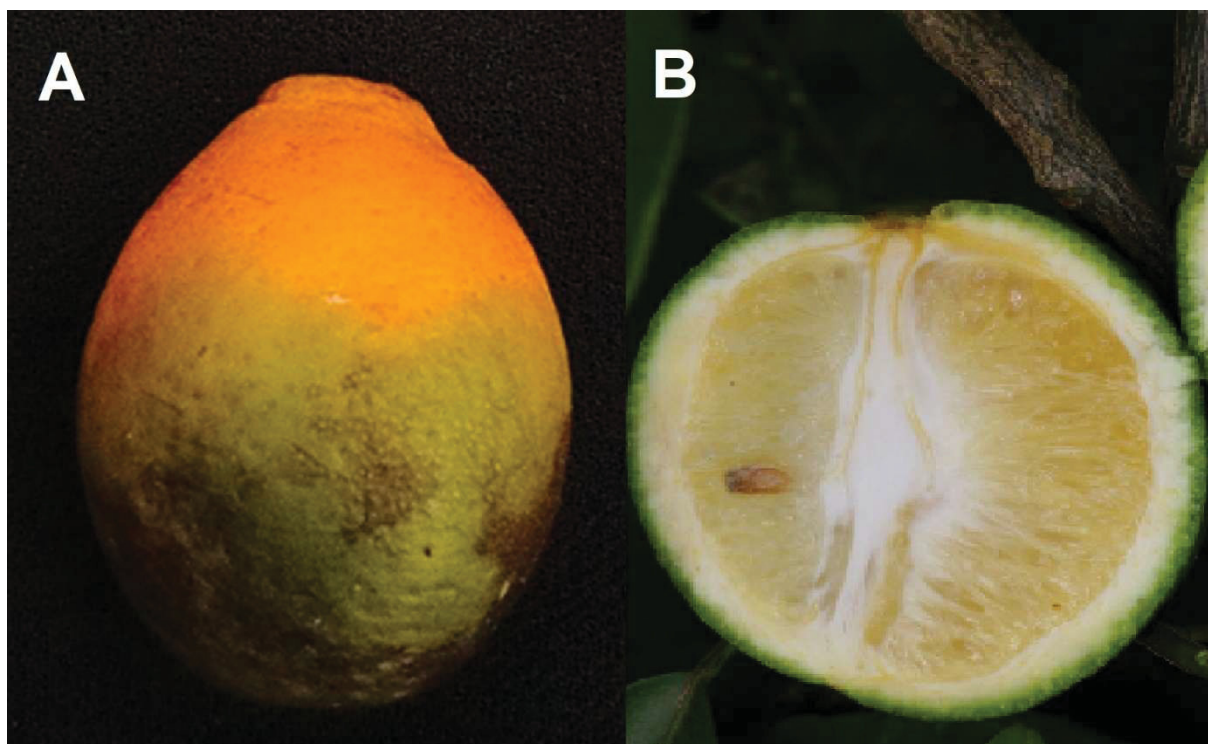
Fonte: Tipu *et al.* (2021).

Os frutos de plantas infectadas são assimétricos, oblongos e distorcidos (Bassanezi *et al.*, 2016; Tipu *et al.*, 2021; Ayres *et al.*, 2024) pequenos e verdes (Figura 4). Observa-se a inversão da formação da cor do fruto, com o amarelamento do fruto de cima para baixo (Figura 5), em variedades cítricas de cor laranja (Bassanezi *et al.*, 2016; Tipu *et al.*, 2021). As sementes são pequenas e escuras (sementes abortadas) (Bassanezi *et al.*, 2016; Ayres *et al.*, 2024). Nota-se que a região próxima ao pedúnculo possui vasos amarelados e os frutos caem precocemente (Bassanezi *et al.*, 2016; Tipu *et al.*, 2021; Ayres *et al.*, 2024) e

apresentam baixa qualidade com maturação irregular, baixo brix, alta acidez e menor conteúdo de suco (Bassanezi *et al.*, 2016).

Tipu *et al.* (2021) atentam para o fato que os sintomas nos frutos também podem ser confundidos com deficiências e distúrbios, mas que é possível diferenciar. Quando se trata de sintomas de HLB, os sintomas nos frutos se manifestam inicialmente em um galho ou parte da árvore e só depois se espalham lentamente por toda a copa, já quando se trata de deficiências e distúrbios os sintomas dentro da copa e entre as árvores geralmente são mais uniformes.

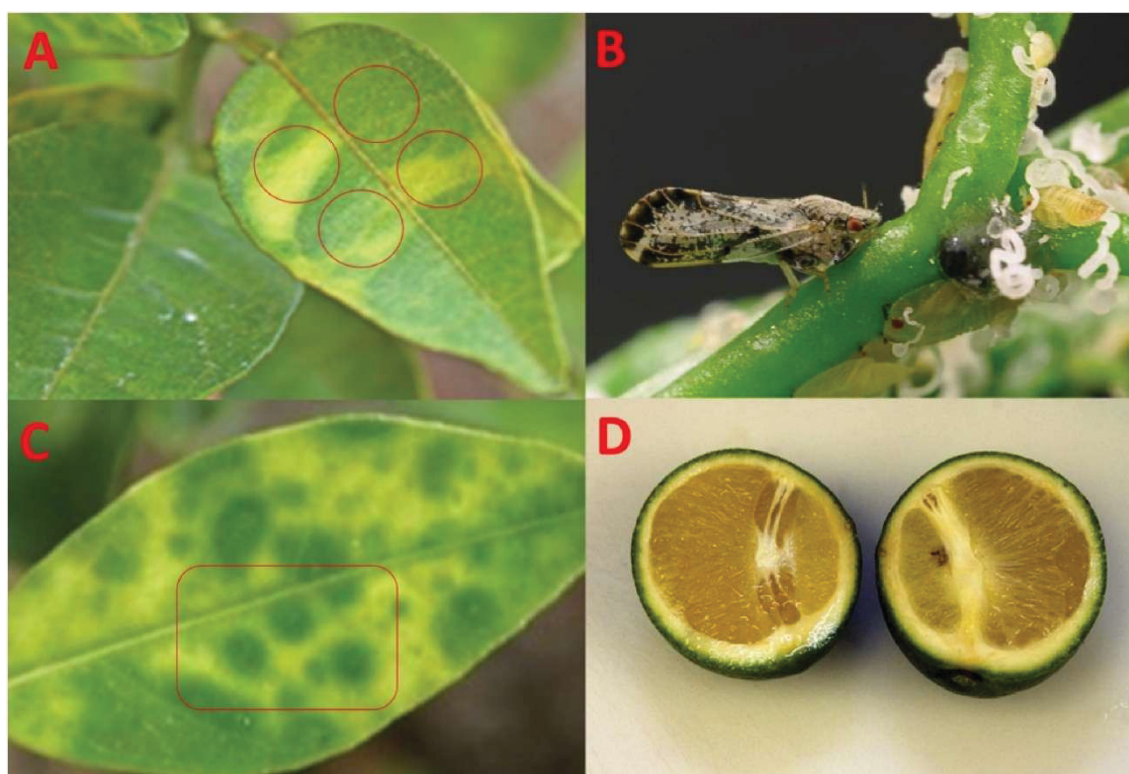
Figura 5. Sintomas da doença HLB no fruto A (Fonte: Thakuria *et al.* (2023)) e B (Fonte: A. Henrique Santos).



Como abordado, os sintomas da doença HLB ocorrem em diversas partes das árvores, nas folhas, frutos, galhos e ramos. Ocorrendo a mancha mosqueada nas folhas, que não se assemelha a ambos os lados da nervura central, além da presença de uma ilha verde que se manifesta em algumas folhas amarelas. As ninfas e adultos de psíldeo ficam na porção inferior das folhas e galhos e a nervura central fica radicalmente exposta, com coloração amarelada de cima a baixo. Nos

frutos, o tamanho é menor, apresentando-se deformados e assimétricos (Figura 6). Além disso, o sabor é mais amargo e salgado do que o normal (Tipu *et al.*, 2021).

Figura 6. Padrão de manchas diferentes em ambos os lados da folha (A), presença de ninfa e adulto de psílídeo dos citros (B), vista verde semelhante a uma ilha na superfície da folha (C) e fruto assimétrico com sementes abortadas (D).



Fonte: Tipu *et al.* (2021).

Os estudos sobre a resposta metabolômica dos cítricos ao HLB permite observar muitas características, incluindo processos como nutrição, sinalização e defesa, que são centrais para as interações hospedeiro-patógeno, existindo tendências gerais na resposta metabolômica dos cítricos ao HLB. No geral, durante a infecção, os trabalhos observam um declínio nos níveis de açúcar e aumento nos níveis de aminoácidos no tecido hospedeiro (Pandey *et al.*, 2022), níveis mais baixos de quatro ácidos graxos de cadeia longa. No entanto, é necessário entender se esse aumento representa uma consequência da resposta imune do hospedeiro ou se eles estão sendo ativamente degradados pelo patógeno (Suh *et al.*, 2018).

3.4 MANEJO DA DOENÇA GREENING

Além da observação visual dos sintomas para detecção da doença, diferentes técnicas de detecção de doenças surgiram, são elas: indexação biológica, técnicas de imagem microscópica e espectroscópica, caracterização bioquímica, ensaios de hibridização e, predominantemente, técnicas de amplificação (Thakuria *et al.*, 2023). Atualmente já existe um método de detecção em tempo real das três espécies de '*Candidatus Liberibacter*' associadas à doença HLB, este método é rápido e validado e consiste na amplificação da polimerase recombinase (RPA) em tempo real. Esse novo protocolo não requer purificação de ácido nucleico ou equipamento especializado, tornando-o ideal para uso em condições de campo, além disso o método foi validado de acordo com as diretrizes da Organização Europeia e Mediterrânea para a Proteção de Plantas (EPPO) (Morán *et al.*, 2023).

No entanto, ainda não há tratamentos com efeito curativo disponível para o HLB. Diante desse cenário, a alternativa é a adoção da prevenção, com estratégias de manejo que se obtenha sucesso no controle da doença, como o plantio de mudas saudáveis, a eliminação de árvores doentes e o controle do vetor (Bassanezi *et al.*, 2016; Bassanezi *et al.*, 2020; Thakuria *et al.*, 2023; Ayres *et al.*, 2024). Para melhor eficácia de controle, essas medidas devem ser adotadas em conjunto e em escala regional ou microrregional (Bassanezi *et al.*, 2016).

O manejo do HLB em São Paulo e no cinturão cítrico Triângulo/Sudoeste Mineiro foi melhorado a partir da adoção de medidas aplicadas na região, além do controle diferenciado de psílídeos nos pomares com base na localização das árvores. Na brotação, considera-se o controle coordenado de psílídeos em toda a área e a remoção de fontes de inóculo em propriedades não comerciais próximas a pomares comerciais (Bassanezi *et al.*, 2020).

Já foram realizadas muitas tentativas de tratamento fitossanitários com efeito curativo ou erradicante para redução dos sintomas do HLB nos pomares (Bassanezi *et al.*, 2020). Algumas das alternativas testadas foram: poda de ramos sintomáticos (Vashisth; Livingston, 2019), uso da termoterapia a vapor (Kelley; Pelz-Stelinski, 2019), programas nutricionais aprimorados (PNE) (Bassanezi *et al.*, 2019), uso de indutores de resistência (Hu *et al.*, 2018), fitohormônios (Canales *et al.*, 2016; Hu *et al.*, 2018) e uso de antibióticos (Hu; Wang, 2016; Hu *et al.*, 2018). Alguns métodos

geraram resultados positivos, mas com nível de controle insuficiente ou foram economicamente inviáveis para ser adotados em larga escala no campo.

Diante desse cenário, o manejo preventivo é o mais eficiente e viável (Bassanezi *et al.*, 2020), sendo o manejo do psilídeo asiático dos citros, *D. citri* crucial para limitar efetivamente a rápida disseminação do HLB (El Ammari *et al.*, 2024).

O sucesso do manejo do HLB no Brasil deve-se por meio de práticas preventivas, como redução do inóculo e controle do vetor, aplicadas em escala regional (Bassanezi *et al.*, 2020). Ayres *et al.* (2024) destaca dez mandamentos para o sucesso no controle da doença da Fundecitrus e traz um passo a passo do que deve ser feito para prevenir a entrada da doença no pomar e mantê-la em níveis baixos.

Os dez mandamentos são o planejamento e escolha do local de plantio, plantio de mudas saudáveis e de qualidade, aceleração do crescimento e da produtividade das plantas, manejo intensificado na faixa de borda dos pomares, inspeção de plantas, erradicação das plantas com sintomas, monitoramento do psilídeo, controle do psilídeo, manejo regional e alerta psilídeo e ações externas de manejo (Ayres *et al.*, 2024).

Quanto a escolha do local de plantio, deve ser feita com base no histórico de ocorrência do Greening na região. Deve-se buscar uma área com baixa incidência da doença ou distante de pomares onde o controle não é realizado ou é feito de forma inadequada (Ayres *et al.*, 2024). As mudas livres do Greening devem ser obtidas em viveiros, com material propagativo certificado, produzidas em viveiros protegidos por telas à prova de insetos, garantido a saúde dos pomares recém-plantados (Bassanezi *et al.*, 2020). A muda de qualidade deve apresentar três aspectos: sanidade, genética (variedade e porta-enxerto) e vigor, garantindo a precocidade de produção das árvores, boa produtividade e geração de frutos de qualidade (Ayres *et al.*, 2024).

A redução do período de exposição das árvores ao psilídeo na sua fase mais suscetível (durante os primeiros cinco anos após o plantio), torna-se importante, diante da adoção de medidas de adensamento, adubação, irrigação, plantio de mudas bem formadas apresentando ramificações laterais e tratamentos culturais

adequados que acelera o crescimento das plantas e antecipa o início da produção (Ayres *et al.*, 2024).

O manejo intensificado na faixa de borda dos pomares corresponde a realização de pulverizações com inseticidas em toda a borda de 100 a 200 m a partir da divisa da propriedade. Deve-se ser mais frequente, em intervalos de 7 a 14 dias, dependendo da incidência do psíldeo, e também, replantar as árvores eliminadas na área de borda para evitar espaços vazios, que favorecem a entrada do inseto no interior do pomar (Ayres *et al.*, 2024).

A inspeção de plantas consiste em detectar as plantas doentes, que devem ser eliminadas. As inspeções no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro devem ser mais frequentes no período entre fevereiro e julho, época de melhor visualização dos sintomas do Greening (Ayres *et al.*, 2024). A partir de 2005, a remoção de árvores doentes tornou-se obrigatória, atualmente regulamentada pela instrução normativa (IN) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil de nº 53 de 18/10/2008. Nesta IN ficou estabelecido que os citricultores devem realizar, pelo menos, quatro inspeções por ano (duas inspeções a cada semestre) e eliminar imediatamente todas as árvores com sintomas de HLB e comunicar suas ações por meio de um relatório enviado a cada seis meses à Agência Estadual de Proteção Vegetal.

Nas laranjeiras com cinco a 12 anos, geralmente os sintomas atingem mais de 50% da copa e reduzem a produção em mais de 60% em apenas quatro anos após o aparecimento do primeiro ramo sintomático. A planta deve ser eliminada, realizando o arranquio ou por corte do tronco rente ao solo, seguido de aplicação de herbicidas para evitar brotação. Quando se opta pelo arranquio, após um tempo, retorna para eliminar os brotos que podem surgir das raízes que ficaram, pois também servirão de fonte de contaminação das plantas (Ayres *et al.*, 2024).

O monitoramento do psíldeo deve ser feito para determinar o momento de chegada do psíldeo no pomar e para orientar qual deverá ser a frequência de pulverizações. Isso possibilitará também identificar de onde os insetos estão vindo, para que se possa atuar nestas fontes externas, eliminando-as por completo ou, quando não for possível, atuar para evitar que continuem a servir de fonte de contaminação (Ayres *et al.*, 2024).

O psilídeo está presente no pomar durante todo o ano, mas com picos populacionais no fim do inverno, primavera e principalmente no verão, época de maior frequência de brotações (Miranda *et al.*, 2022). Em plantas novas de até três anos, as brotações são mais frequentes do que em plantas adultas com ciclos de brotação mais regulares (Ayres *et al.*, 2023). Por esta razão, que o manejo do psilídeo deve ser mais frequente em pomares em formação. A inspeção visual deve ser realizada semanalmente nas árvores das bordaduras dos talhões, examinando 1% das plantas. É importante avaliar de três a cinco brotações por árvore, procurando por ninfas e adultos. A inspeção deve ser feita de forma em espiral, começando sempre pelas bordas do talhão e seguindo até o centro. Se forem encontrados psilídeos na borda, o inspetor pode passar para o próximo talhão. Como esse inseto atua como vetor, a presença de apenas um psilídeo já indica que é hora de fazer o controle (Miranda *et al.*, 2022).

O uso de armadilhas para monitoramento é mais eficiente que a inspeção visual. As armadilhas devem ser colocadas no terço superior das plantas das bordas da propriedade e a uma distância entre si de 150 a 250 metros. Devem-se utilizar as duas faces e armadilhas com tamanho mínimo de 10 x 30 cm. Dentro da propriedade, há áreas bastante atrativas para os psilídeos, como os talhões com plantas jovens que estão crescendo, plantas que foram recém-podadas ou irrigadas durante a seca, além de regiões próximas a locais bem iluminados, como as sedes das fazendas, a portaria e os depósitos. Por isso, é importante instalar armadilhas também nessas áreas, para garantir uma melhor monitorização (Ayres *et al.*, 2023).

No controle do psilídeo, são necessárias aplicações de inseticidas para prevenir a infecção de novas plantas e a disseminação do Greening no pomar. É fundamental escolher produtos que contenham defensivos em conformidade com a legislação internacional, além de avaliar o histórico de pulverizações e realizar a rotação de grupos químicos com diferentes modos de ação. O controle do psilídeo deve ser reforçado especialmente no final do inverno e durante a primavera, com foco nos talhões de borda da propriedade e nas áreas onde há maior incidência do inseto ou histórico de ataque. Durante a fase de brotação deve-se diminuir o volume da calda e aumentar a frequência das aplicações, pois os psilídeos crescem cerca de 1 cm por dia nesse período (Miranda *et al.*, 2022; Ayres *et al.*, 2023).

O manejo regional e alerta psilídeo deve ser feito por meio do combate, com a eliminação das plantas de citros mortas e com sintomas do Greening, e realização do controle do psilídeo em todos os pomares comerciais e não comerciais. Além disso, o citricultor deve realizar o mapeamento de todas as fontes de criação do psilídeo e de contaminação do Greening em um raio de pelo menos 5 km ao redor da sua propriedade e realizar ações de controle da doença nesses locais (Ayres et al., 2023).

Os defensivos biológicos para controlar psilídeos foram desenvolvidos e testados em campo para substituir algumas aplicações de inseticidas químicos e reduzir os efeitos colaterais (Bassanezi et al., 2020). Os fungos entomopatogênicos matam de forma efetiva o psilídeo asiático dos citros *D. citri* e podem ser combinados com pesticidas para um programa integrado de manejo de pragas (Carallo et al., 2021).

O bioinseticida baseado na cepa virulenta do fungo entomopatogênico *Isaria fumosorosea* ESALQ-1296 foi desenvolvido pela parceria do Sistema Biológico Koppert, Universidade de São Paulo e Fundecitrus e apresenta eficácia semelhante aos inseticidas químicos em termos de controle de adultos de *D. citri* foi observada em condições de campo (Ausique et al., 2017).

O parasitoide *Tamarixia radiata* mostra potencial para o controle biológico do psilídeo asiático dos citros *D. citri* no Brasil com liberações bem-sucedidas em locais de surto de HLB, áreas comerciais e pomares abandonados (Parra et al., 2016).

Ayres et al. (2023) abordam outros métodos para o controle do psilídeo que são: utilização de óleo mineral (utilizar concentrações entre 0,75-1% e um volume de calda ≥ 70 mL/m³ de copa), pois apresenta efeito direto sobre insetos pequenos (ex. ninfas do psilídeo), ocasionando alta mortalidade. Este mesmo tratamento pode apresentar efeito indireto, resultando na redução da oviposição e alimentação do psilídeo. Os mesmos autores abordam como outra opção a utilização de fungos entomopatogênicos, que apresentam maior eficácia quando aplicado a noite em condições de umidade do ar acima de 60% e temperatura de 25 a 30 °C. Os produtos devem atingir o inseto, e a noite é o momento que o psilídeo está pousado sobre a planta e as temperaturas mais amenas.

A utilização do caulim também é uma alternativa, pois quando é pulverizado nos pomares forma uma película branca que camufla a planta hospedeira e aumenta

a refletância da luz, dificultando a localização pelo psílídeo. Isso reduz o número de insetos pousados, a alimentação e a oviposição. No entanto, como os inseticidas químicos, o caulim não protege os novos brotos, sendo necessárias aplicações quinzenais ao longo do ano, com dose de 2%, para controle efetivo do Greening (Ayres *et al.*, 2023).

4 CONCLUSÃO

O Huanglongbing (HLB), conhecido como Greening, representa a maior ameaça contemporânea à citricultura mundial, sendo um fator limitante crítico para a sustentabilidade da atividade citrícola. A doença é causada principalmente pela bactéria *Candidatus Liberibacter asiaticus* e transmitida pelo psílídeo *Diaphorina citri*. A bactéria encontra-se disseminada nos principais países produtores de citros do mundo.

No Brasil, o epicentro da produção mundial de suco cítrico, a situação é preocupante, com alta incidência da doença no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais alcançando 44% em 2024. No estado do Paraná, terceiro maior produtor nacional, a doença está presente em todos os municípios das regiões Noroeste e Norte, onde há cultivo comercial de citros, configurando-se como uma ameaça crescente à economia regional. Os impactos produtivos documentados são severos, com reduções de produção superiores a 60% em plantas sintomáticas, além da redução significativa da qualidade dos frutos.

A dificuldade para controle de Greening residem na inexistência de variedades resistentes e de defensivos agrícolas com ação curativa. Assim, é necessário a implementação de medidas de controle preventivas, que devem ser adotadas em conjunto e em escala regional ou microrregional, incluindo controle químico e biológico do vetor, inspeções regulares, erradicação imediata de plantas doentes e uso de mudas certificadas.

Desse modo, são necessárias pesquisas para o desenvolvimento de ferramentas de detecção da doença de forma precoce mais eficientes e economicamente viáveis, e para obtenção de variedades resistentes e aperfeiçoamento de métodos de controle biológico.

REFERÊNCIAS

ABDEL-SATTAR, M.; AL-OBEED, R.; ABOUKARIMA, A. Yield and Heat Unit Requirements for Several Citrus Cultivars over Several Seasons in Egypt. **Horticulturae**, v. 10, n. 7, p. 712, 2024.

ADAPAR. Medidas de prevenção e controle para conter o avanço do Huanglongbing (HLB) ou greening dos citros no Vale do Ribeira, Estado do Paraná. **Nota Técnica nº 12/2025**. Curitiba: ADAPAR, 2025. Disponível em: <https://www.adapar.pr.gov.br/Pagina/Sanidade-da-Citricultura>. Acesso em: 16 jun. 2025.

AIDOO, O. F.; SOUZA, P. G. C.; SILVA, R. S.; SANTANA JR., P. A.; PICANÇO, M. C.; KYEREMATEN, R.; SÈTAMOU, M.; EKESI, S.; BORGEMEISTER, C. Climate-induced range shifts of invasive species (*Diaphorina citri* Kuwayama). **Pest Management Science**, v. 78, n. 6, p. 2534-2549, 2022.

AMMAR, E. D.; RAMOS, J. E.; HALL, D. G.; DAWSON, W. O.; SHATTERS JR., R. G. Acquisition, replication and inoculation of *Candidatus Liberibacter asiaticus* following various acquisition periods on huanglongbing-infected citrus by nymphs and adults of the Asian citrus psyllid. **PLoS One**, v. 11, n. 7, p. e0159594, 2016.

ANTOLÍNEZ, C. A.; OLARTE-CASTILLO, X. A.; MARTINI, X.; RIVERA, M. J. Influence of daily temperature maxima on development and short-distance dispersal of Asian citrus psyllid. **Journal of Thermal Biology**, v. 110, p. 103354, 2022.

AUSIQUE, J. J. S.; D'ALESSANDRO, C. P.; CONCESCHI, M. R.; MASCARIN, G. M.; DELALIBERA JÚNIOR, I. Efficacy of entomopathogenic fungi against adult *Diaphorina citri* from laboratory to field applications. **Journal of Pest Science**, v. 90, p. 947-960, 2017.

AYRES, A. J.; TOMASETO, A. F.; RODRIGUEZ, G. M.; VOLPE, H. X. L.; SALA, I.; CIFUENTES-ARENAS, J. C.; MIRANDA, M. P.; SCAPIN, M. S.; BIANCHI, O. de S.; BASSANEZI, R. B.; NASCIMENTO, S. R. S. do; LOPES, S. A.; EDUARDO, W. I. **Perguntas e respostas sobre o manejo do greening**. 1. ed. Araraquara: Fundecitrus, 2023.

AYRES, A. J.; SALA, I.; MIRANDA, M. P.; WULFF, N. A.; BASSANEZI, R. B.; LOPES, S. A. **Manejo do greening: 10 mandamentos para o sucesso no controle da doença**. 2. ed. Araraquara: Fundecitrus, 2024.

BARBIERI, H. B.; FERNANDES, L. S.; PONTES, J. G. M.; PEREIRA, A. K.; FILL, T. P. An overview of the most threatening diseases that affect worldwide citriculture: main characteristics, diagnosis and current control strategies. **Frontiers in Natural Products**, v. 2, p. 1045364, 2023.

BASSANEZI, R. B.; LOPES, S. A.; MIRANDA, M. P.; WULFF, N. A.; VOLPE, H. X. L.; AYRES, A. J. Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, n. 3, p. 251-264, 2020.

BASSANEZI, R. B.; MOREIRA, R.; MACHADO, F.; LANZA, F.; TROMBIN, V. G.; DE MIRANDA, M. P.; BARBOSA, J. C.; SILVA, G. J.; BEHLAU, F. Impacto de doenças e

pragas na queda prematura de frutos em pomares de laranja-doce no cinturão citrícola do estado de São Paulo, Brasil. **Ciência do Manejo de Pragas**, 2022.

BASSANEZI, R. B.; QUAGGIO, J. A.; BOARETTO, R. M.; BOVÉ, J. M. (In memoriam); AYRES, J. A.; MATTOS JUNIOR, D. Can additional supply of Ca and/or Mg reduce the progress of HLB incidence, severity and crop loss? In: **INTERNATIONAL RESEARCH CONFERENCE ON HUANGLONGBING – IRCHLB**, 6., 2019, Riverside. *Abstracts...* Riverside: [s.n.], 2019.

BASSANEZI, R. B.; STUCHI, E. S.; FLÔRES, D.; MULLER, G. W. Effects of Citrus huanglongbing on fruit quality, yield, and tree longevity. **Crop Protection**, v. 129, 105045, 2020.

BASSANEZI, R. B.; SILVA JUNIOR, G. J.; FEICHTENBERGER, E.; BELASQUE JUNIOR, J.; BEHLAU, F.; WULFF, N. A. Doenças dos citros. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (org.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, cap. 30, p. 271–306.

CANALES, E.; COLL, Y.; HERNÁNDEZ, I.; PORTIELES, R.; RODRÍGUEZ GARCÍA, M.; LÓPEZ, Y.; ARANGUREN, M.; ALONSO, E.; DELGADO, R.; LUIS, M.; BATISTA, L.; PAREDES, C.; RODRÍGUEZ, M.; PUJOL, M.; OCHAGAVIA, M. E.; FALCÓN, V.; TERAUCHI, R.; MATSUMURA, H.; AYRA-PARDO, C.; LLAUGER, R.; PÉREZ, M. C.; NUÑEZ, M.; BORRUSCH, M. S.; WALTON, J. D.; SILVA, Y.; PIMENTEL, E.; BORROTO, C.; BORRÁS-HIDALGO, O. '*Candidatus Liberibacter asiaticus*', causal agent of citrus Huanglongbing, is reduced by treatment with Brassinosteroids. **PLoS One**, v. 11, n. 1, p. e0146223, 2016.

CANALE, M.; TOMASETO, A.; HADDAD, M. L.; DELLA COLETTA-FILHO, H.; LOPES, J. R. S. Latência e persistência de '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' em seu vetor psílideo, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Phytopathology**, v. 107, n. 3, p. 264-272, 2017.

CORALLO, A. B.; PECHI, E.; BETTUCCI, L.; TISCORNIA, S. Biological control of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) by entomopathogenic fungi and their side effects on natural enemies. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 1, p. 1-9, 2021.

DALA-PAULA, B.; PLOTTO, A.; BAI, J.; MANTHEY, J.; BALDWIN, E.; FERRAREZI, R.; GLÓRIA, M. Efeito da doença Huanglongbing ou Greening na qualidade do suco de laranja: uma revisão. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2019. Disponível em:

DENG, X.; LAN, Y.; HONG, T.; CHEN, J. Detecção de greening em citros usando imagens de espectro visível e C-SVC. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 130, p. 177-183, 2016.

DENG, X.; YANG, X.; YAMAMOTO, M.; BISWAS, M. Domestication and history. In: TALON, M.; CARUSO, M.; GMITTER, F.G. **The genus citrus**. Woodhead Publishing, 2020. cap. 3, p. 33-55.

EL AMMARI, M.; ZIRI, R.; EL BAHJA, F.; HAMRANI, M.; BOUKITA, H.; BRHADDA, N.; BOUZAKRAOUI, S.; FAHAD, K. Biological control of citrus pests: A systematic bibliometric analysis 2000-2023. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 19, n. 2, p. 101492, 2024.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food and agriculture data**. Rome: FAO, 2023.
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

FUNDECITRUS – FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA. **Levantamento da incidência das doenças dos citros: greening, CVC e cancro cítrico no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**. Araraquara: Fundecitrus, 2023. 77 p.

FUNDECITRUS. **Levantamento da incidência das doenças dos citros: greening, CVC e cancro cítrico**. Araraquara: Fundecitrus, 2023. 77 p.

FUNDECITRUS. **Resumo do levantamento de greening no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**. Araraquara: Fundecitrus, 2024.

GHANIM, M.; ACHOR, D.; GHOSH, S.; KONTSEDALOV, S.; LEBEDEV, G.; LEVY, A. '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' accumulates inside endoplasmic reticulum associated vacuoles in the gut cells of *Diaphorina citri*. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 16945, 2017.

GRAHAM, J. H.; BASSANEZI, R. B.; DAWSON, W. O.; DANTZLER, R. E. Manejo do Huanglongbing em Citrus: Lições de São Paulo e Flórida. **Revisão Anual de Fitopatologia**, 2024.

HU, J.; JIANG, J.; WANG, N. Control of citrus Huanglongbing via trunk injection of plant defense activators and antibiotics. **Phytopathology**, v. 108, n. 2, p. 186-195, 2018.

HU, J.; WANG, N. Evaluation of the spatiotemporal dynamics of oxytetracycline and its control effect against citrus Huanglongbing via trunk injection. **Phytopathology**, v. 106, n. 12, p. 1495-1503, 2016.

HU, Y.; MENG, Y.; YAO, L.; WANG, E.; TANG, T.; WANG, Y.; DAI, L.; ZHAO, M.; ZHANG, H.; FAN, X.; LUO, L.; XIANG, W.; ZHANG, Z. Huanglongbing dos cítricos foi correlacionado com a incidência de *Diaphorina citri* portadora de *Candidatus Liberibacter asiaticus* e com o microbioma da filosfera dos cítricos. **Fronteiras em Ciência Vegetal**, v. 13, 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Quantidade produzida**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 14 maio 2025.

INGLESE, P.; SORTINO, G. Citrus history, taxonomy, breeding, and fruit quality. **Oxford research Encyclopedia of environmental science**. 2019.

KELLEY, A. J.; PELZ-STELINSKI, K. S. Effect of thermotherapy on the acquisition of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). **The Florida Entomologist**, v. 102, n. 1, p. 107-112, 2019.

LI, X.; RUAN, H.; ZHOU, C.; MENG, X.; CHEN, W. Controle do Huanglongbing dos cítricos: o caminho do desenvolvimento sustentável é o futuro. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021.

MARTÍNEZ-NETRO, K.; MARTÍNEZ-PADRÓN, H.; SEGURA-MARTÍNEZ, M.; PAREDES-SÁNCHEZ, F.; HERRERA-MAYORGA, V.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R.; OSORIO-HERNÁNDEZ, E. Identificação de campo de Huanglongbing (HLB) e suas alternativas de manejo. **Agro Produtividade**, v. 17, n. 2, 2024.

MIRANDA, M. P. **Manual de psilídeo *Diaphorina citri***: medidas essenciais de controle. Araraquara: Fundecitrus, 2019.

MORÁN, F.; HERRERO-CERVERA, M.; CARVAJAL-ROJAS, S.; MARCO-NOALES, E. Real-time on-site detection of the three '*Candidatus Liberibacter*' species associated with HLB disease: a rapid and validated method. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1176513, 2023.

NOORIZADEH, S.; GOLMOHAMMADI, M.; BAGHERI, A.; BERTACCINI, A. Citrus industry: Phytoplasma-associated diseases and related challenges for Asia, America and Africa. **Crop Protection**, v. 151, p. 105822, 2022.

PANDEY, S. S.; HENDRICH, C.; ANDRADE, M. O.; WANG, N. *Candidatus Liberibacter*: From movement, host responses, to symptom development of citrus Huanglongbing. **Phytopathology**, v. 112, n. 1, p. 55-68, 2022.

PARRA, J. R. P.; ALVES, G. R.; DINIZ, A. J. F.; VIEIRA, J. M. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) × *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 7, n. 1, p. 5, 2016.

PAZOLINI, K.; ARRUDA, J. A.; CHINELATO, G.; BERGAMIN-FILHO, A.; BELASQUE, J. Progresso temporal de epidemias de Huanglongbing e o efeito de fontes de inóculo não comerciais em pomares cítricos no estado de São Paulo, Brasil. **Doença de Plantas**, 2021.

POKHREL, S.; PANDEY, S.; GHIMIRE, A.; KANDEL, S. Compreendendo a doença do greening dos citros e suas possíveis estratégias de manejo no Nepal. **Revista Internacional de Ciências Aplicadas e Biotecnologia**, 2021. Disponível em: . Acesso em: 14 maio 2025.

RAIOL-JUNIOR, L. L.; CIFUENTES-ARENAS, J. C.; CARVALHO, E. V. de; GIRARDI, E. A.; LOPES, S. A. Evidence that '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' moves predominantly toward new tissue growth in citrus plants. **Plant Disease**, v. 105, n. 1, p. 34-42, 2021.

ROUISS, H.; BAKRY, F.; FROELICHER, Y.; NAVARRO, L.; ALEZA, P.; OLLITRAULT, P. Origin of *C. latifolia* and *C. aurantiifolia* triploid limes: the

preferential disomic inheritance of doubled-diploid 'Mexican'lime is consistent with an interploid hybridization hypothesis. **Annals of botany**, v. 121, n. 3, p. 571-585, 2018.

SANDOVAL, K.; ÁVILA, D. Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica. **Análisis económico**, v. 34, n. 87, p. 269-283, 2019. Disponível em:

SHAHZAD, F.; CHUN, C.; SCHUMANN, A.; VASHISTH, T. Nutrient uptake in huanglongbing-affected sweet orange: transcriptomic and physiological analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 145, n. 6, p. 349-362, 2020.

SINGH, J.; SIDHU, G. S.; PANDEY, K.; AHMED, S.; SHARMA, V.; KAUR, M. Classificação hortícola de cultivares cítricos. In: Khan, M. S.; Khan, I. A. **Citrus - Research, Development and Biotechnology**. IntechOpen, 2021.

SOUZA, A.; WANG, N.; COLETTA-FILHO, H.; PONTE, E. Special issue on bacterial citrus diseases: part I. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 163-165, 2020.

SUH, J.; GUHA, A.; WANG, Z.; LI, S.; KILLINY, N.; VINCENT, C.; WANG, Y. A análise metabolômica elucida como as condições de sombra amenizam os efeitos deletérios do greening (Huanglongbing) em citros. **The Plant Journal: para biologia celular e molecular**, 2021.

THAKURIA, D.; CHALIHA, C.; DUTTA, P.; SINHA, S.; UZIR, P.; SINGH, S. B.; HAZARIKA, S.; SAHOO, L.; KHARBIKAR, L. L.; SINGH, D. Citrus Huanglongbing (HLB): Diagnostic and management options. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 125, p. 102016, 2023.

THAPA, S. P.; FRANCESCO, A.; TRINH, J.; GURUNG, F. B.; PANG, Z.; VIDALAKIS, G.; WANG, N.; ANCONA, V.; MA, W.; COAKER, G. Genome-wide analyses of *Liberibacter* species provides insights into evolution, phylogenetic relationships, and virulence factors. **Molecular Plant Pathology**, v. 21, n. 5, p. 716-731, 2020.

TIPU, M. M. H.; MASUD, M.; JAHAN, R.; BAROI, A.; HOQUEE, A. K. M. A. Identification of citrus greening based on visual symptoms: A grower's diagnostic toolkit. **Heliyon**, v. 7, n. 11, p. e08185, 2021.

VASHISTH, T.; LIVINGSTON, T. Assessment of pruning and controlled-release fertilizer to rejuvenate Huanglongbing-affected sweet orange. **HortTechnology**, v. 29, n. 6, p. 933-940, 2019.

WU, G.; TEROL, J.; IBANEZ, V.; LÓPEZ-GARCÍA, A.; PÉREZ-ROMÁN, E.; BORREDÁ, C.; DOMINGO, C.; TADEO, F.; CARBONELL-CABALLERO, J.; ALONSO, R.; CURK, F.; DU, D.; OLLITRAULT, P.; ROOSE, M.; DOPAZO, J.; GMITTER, F.; ROKHSAR, D.; TALÓN, M. Genomics of the origin and evolution of Citrus. **Nature**, v. 554, n. 7692, p. 311-316, 2018.

ZHONG, G.; NICOLOSI, E. Citrus origin, diffusion, and economic importance. **The citrus genome**, p. 5-21, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15308-3_2