

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

MONICA BERNARDO NEVES

Simulação do impacto do Huanglongbing na produção de pomares cítricos sob diferentes cenários de manejo, incidências da doença e idades dos pomares no início da epidemia

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

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

**Araraquara
Junho/2013**

MONICA BERNARDO NEVES

Simulação do impacto do Huanglongbing na produção de pomares cítricos sob diferentes cenários de manejo, incidências da doença e idades dos pomares no início da epidemia

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

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

**Araraquara
Junho/2013**

DEDICO

A meu marido Gilberto dos Reis, pelo amor, carinho e apoio durante a elaboração dessa Dissertação, pelo incentivo incondicional ao meu crescimento pessoal, profissional e intelectual.

Aos meus pais Franklin Neves e Neusa Bernardo Neves, que me ensinaram desde criança o valor do conhecimento. Tudo que nutre meu espírito, comigo permanecerá em todas minhas existências.

As minhas irmãs Magda Luzia Neves e Maria Francisca Neves pelo exemplo de mulheres de fibra e sucesso, pela amizade incondicional e apoio sempre.

As minhas sobrinhas Luísa, Laura e Isadora pela alegria que me proporcionam por fazerem parte de minha vida. Vocês são presentes de Deus à nossa família.

AGRADECIMENTOS

A Empresa Sucocítrico Cutrale LTDA., ao diretor da Área Agrícola Sr. Valdir Guessi e ao gerente do Depto Técnico Sr. Antonio Ricardo Violante pela oportunidade em cursar o Mestrado e pela confiança em mim depositada.

Ao Dr. Renato Beozzo Bassanezi pela orientação e ensinamentos durante a realização do Mestrado, o conhecimento transferido foi e será essencial para minha vida profissional, enriquecer meus conhecimentos acerca da Fitopatologia tendo-o como Mestre foi e sempre será uma honra.

Ao Gerente Administrativo Nelson Rigolão e Gerentes de Produção Marco Antônio Marchesi, Airton Pierobon e André Franco, pelo apoio.

Aos membros da Banca Examinadora, Dr. Armando Bergamin Filho, referência na Fitopatologia desde os tempos de graduação e ao Dr. José Belasque Junior, agradeço pela disposição em contribuir para as melhorias no presente trabalho.

A todos os pesquisadores do Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) que durante as disciplinas me proporcionaram conhecer mais do Controle de Pragas e Doenças de Citros através de sua experiência profissional e dedicação à Citricultura.

Aos funcionários do Fundo de Defesa da Citricultura que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos amigos do 2º Ciclo de Mestrado, deixo meu agradecimento a todos pela amizade e convivência durante todo o ano que passamos juntos, em especial às garotas: Aline Barreto, Cláudia Gasparini, Giovana Marinzeck, Marcela Olivetti, amigas que reconheci durante a convivência nas sextas-feiras de 2011, agradeço a vocês pela amizade.

Aos colegas de trabalho da Área Agrícola do Centro Administrativo, que desde a minha chegada foram receptivos e companheiros. Rogério Preti, Alexandre Batista Júnior, Ricardo Buchetti Dantas, Gustavo Oliveira, Diego Balardim, Ricardo Carrera, Evanilson A. de Oliveira, Carlos Henrique Rodrigues, Paulo Bolsoni Junior, Luiz Eduardo Cordano, Maria Luiza Cestari, Wagner Beig, Marcelo Scopin, Eder Giroto, José Rubens Bevilaqua, Alex de Lima, Renato Trolezi, Roberto Angola.

Aos colegas de trabalho da Área Agrícola, Gerentes Regionais, Eng. Agrônomos Regionais e todos que de alguma forma sempre estiveram dispostos a ajudar nos estudos com o HLB e com informações importantes para a formação da base teórica para o desenvolvimento desse trabalho.

“As árvores são fáceis de achar
Ficam plantadas no chão
Mamam do sol pelas folhas
E pela terra
Também bebem água
Cantam no vento
E recebem a chuva de galhos abertos
Há as que dão frutas
E as que dão frutos
As de copa larga
E as que habitam esquilos
As que chovem depois da chuva
As cabeludas
As mais jovens mudas
As árvores ficam paradas
Uma a uma enfileiradas
Na alameda
Crescem pra cima como as pessoas
Mas nunca se deitam
O céu aceitam
Crescem como as pessoas
Mas não são soltas nos passos
São maiores, mas
Ocupam menos espaço
Árvore da vida
Árvore querida
Perdão pelo coração
Que eu desenhei em você
Com o nome do meu amor.”

(As Árvores - Arnaldo Antunes / Jorge Ben Jor)

Simulação do impacto do Huanglongbing na produção de pomares cítricos sob diferentes cenários de manejo, incidências da doença e idades dos pomares no início da epidemia

Autor: Monica Bernardo Neves
Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

RESUMO

Huanglongbing (HLB) é considerada a doença mais importante e destrutiva da citricultura mundial desde seus primeiros relatos. O manejo da doença é baseado no controle do inseto vetor e erradicação de plantas sintomáticas. Atualmente além da disponibilidade de recursos tecnológicos e financeiros, da consciência e do conhecimento do citricultor a respeito dos prejuízos que a ausência ou o mau manejo do HLB podem trazer ao seu pomar e aos pomares dos seus vizinhos, o emprego das práticas de manejo do HLB pelos citricultores tem dependido de uma análise econômica dos benefícios e custos de sua adoção a curto, médio e longo prazo. Embora muitas informações básicas sobre o progresso temporal da epidemia do HLB e dos danos causados em plantas de diferentes idades, combinações copa/porta-enxerto e sob diferentes manejos de HLB ainda sejam escassas na literatura, Bassanezi & Bassanezi (2008) construíram um aplicativo em planilha eletrônica Excel (Microsoft) que permite estimar e quantificar o impacto futuro do HLB em pomares adotando-se diferentes manejos. Assim, o presente estudo teve como objetivo testar o uso de um novo aplicativo baseado no aplicativo de Bassanezi & Bassanezi (2008) para a simulação do impacto na produção de pomares cítricos sob diferentes cenários de manejo do HLB (Cenário A – cenário sem a doença; Cenário B – cenário sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle vetor; Cenário C – cenário sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle vetor; Cenário D – cenário com erradicação de plantas doentes e com controle vetor, de acordo com a legislação vigente), idades de pomar no início da epidemia (2, 4, 6, 8 e 10 anos) e incidências de plantas com sintomas da doença no início da epidemia (0,01%, 0,1%, 1% e 10%). Considerando-se que as premissas e os modelos adotados nas simulações deste estudo estão corretos, com os resultados obtidos pode-se concluir que, para níveis de produtividade esperados para pomares sadios elevados (média acima de 1.800 caixas/ha) e taxa anual de progresso da incidência de plantas com sintomas de HLB pelo modelo de Gompertz de 0,25, pomares de 2 e 4 anos de idade no momento da detecção do HLB apresentam maiores produtividades no curto, médio e longo prazo se manejados de acordo com o Cenário D, realizando-se erradicação de plantas sintomáticas e controle do inseto vetor, conforme IN53. Pomares de 6, 8 e 10 anos no momento da detecção do HLB, dependendo da incidência inicial da doença podem ter uma sobrevida produtiva de médio prazo se manejados de acordo com o Cenário C, apenas com rigoroso controle do inseto vetor. Um estudo futuro realizando-se a valoração de receitas e custos desses Cenários de manejo nas simulações é etapa importante, visando identificar informação crucial que seria elucidar qual o ponto de equilíbrio de um pomar, ou seja, conseguiríamos identificar se a diferença entre um manejo a ser adotado e outro proporcionaria receita suficiente para pagar os custos do manejo e ainda se ter lucro.

Palavras-chave: ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’, ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’, HLB, epidemiologia, danos.

Simulation of the impact of Huanglongbing in the production of citrus orchards under different management scenarios, disease incidence and age of the orchards at the beginning of the epidemic

Author: Monica Bernardo Neves
Advisor: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

ABSTRACT:

Huanglongbing (HLB) is considered the most important and destructive disease of worldwide citriculture since their first reports. The management of the disease is based on the control of the insect vector and eradication of symptomatic plants. Nowadays, besides the availability of financial and technological resources, the awareness and knowledge that the citrus growers have about the damages that the absence or mismanagement of the HLB can bring to his orchard and orchards of his neighbors, the use of management practices of HLB by citrus growers have depended on an economic analysis of the benefits and costs of its adoption in the short, medium and long term. Although many basic information about the temporal progress of the epidemic of HLB and damage in plants of different ages, combinations crown / rootstock and under different managements of the HLB still scarce in the literature, Bassanezi & Bassanezi (2008) built an application in an Excel (Microsoft) spreadsheet that allows to estimate and quantify the future impact of HLB in orchards adopting different kinds of management. Thus, the present study aimed to test the use of a new application based on the application Bassanezi & Bassanezi (2008) to simulate the impact on production of citrus orchards under different management scenarios of the HLB (Scenario A - scenario without the disease , Scenario B - scenario without eradication of symptomatic plants and without vector control; Scenario C - scenario without eradication of symptomatic plants and vector control; Scenario D - scenario with eradication of diseased plants and vector control in accordance with the law) , the ages of the orchard at the beginning of the epidemic (2, 4, 6, 8 and 10 years) and incidences of plants with symptoms of the disease early in the epidemic (0.01%, 0.1%, 1% and 10%). Considering that the assumptions and models used in the simulations of this study are correct, with the results obtained for high expected yield levels of healthy groves (average > 1.800 boxes/ha) and 0.25 annual HLB-symptomatic incidence rate by Gompertz model, it can be concluded that groves 2 and 4 years-old at the time of detection of HLB have higher expected productivity in the short, medium and long term if managed in accordance with Scenario D, performing eradication of symptomatic plants and control of the insect vector, as IN53. Groves 6, 8 and 10 years-old at the time of detection of HLB, depending on the incidence of the disease, may have a medium-term survival productive if managed according to Scenario C, only controlling the insect vector. A future study performing the valuation of the income and costs of handling these scenarios is an important phase in the simulations, to identify crucial information that would clarify that the equilibrium point of an orchard, in other words, we would identify if, the difference between the management to be adopted and another one, would provide enough income to pay the costs of handling and still make a profit.

Keywords: ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’, ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’, HLB, *Diaphorina citri*, epidemiology, crop damage.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 18
- Figura 2.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 4 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 18
- Figura 3.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 6 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 19
- Figura 4.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 8 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 19
- Figura 5.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 20

- Figura 6.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2, 4, 6, 8 e 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor (Cenário B) e em quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 25
- Figura 7.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2, 4, 6, 8 e 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário C) e em quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 26
- Figura 8.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2, 4, 6, 8 e 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário D) e em quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos. 26
- Figura 9.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com diferentes incidências iniciais de plantas com sintomas de HLB (0,01%; 0,1%; 1% e 10%), manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor (Cenário B) e em cinco idades de pomares no início da epidemia da doença. Simulação ao longo de 20 anos. 29
- Figura 10.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com diferentes incidências iniciais de plantas com sintomas de HLB (0,01%; 0,1%; 1% e 10%), manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário C) e em cinco idades de pomares no início da epidemia da doença. Simulação ao longo de 20 anos. 30
- Figura 11.** Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com diferentes incidências iniciais de plantas com sintomas de HLB (0,01%; 0,1%; 1% e 10%), manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário D) e em cinco idades de pomares no início da epidemia da doença. Simulação ao longo de 20 anos. 31
- Figura 12.** Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 2 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle de vetor, Cenário C – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e cenário D – pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1%; e 10%). Simulação ao longo de 20 anos. 35

- Figura 13.** Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 4 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle de vetor, Cenário C – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e cenário D – pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1%; e 10%). Simulação ao longo de 20 anos. 36
- Figura 14.** Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 6 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle de vetor, Cenário C – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e cenário D – pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1%; e 10%). Simulação ao longo de 20 anos. 38
- Figura 15.** Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 8 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle de vetor, Cenário C – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e cenário D – pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1%; e 10%). Simulação ao longo de 20 anos. 39
- Figura 16.** Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 10 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle de vetor, Cenário C – pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e cenário D – pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1%; e 10%). Simulação ao longo de 20 anos. 40
- Figura 17.** Diferenças de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 2 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%. 42

- Figura 18.** Diferenças de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 4 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%. 42
- Figura 19.** Diferenças de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 6 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%. 43
- Figura 20.** Diferenças de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 8 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%. 43
- Figura 21.** Diferenças de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 10 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção média (em caixas de 40,8 kg/planta) para cada idade de planta sadia utilizada nas simulações sem e com o controle do psilídeo vetor.	9
Tabela 2. Taxa anual de progresso da incidência de plantas com HLB, do modelo de Gompertz, para cada idade do pomar no momento do aparecimento das primeiras plantas sintomáticas, utilizada nas simulações sem e com o controle do psilídeo vetor.	11
Tabela 3. Severidade inicial de HLB e taxa anual de progresso da severidade dos sintomas de HLB do modelo logístico, para cada idade de planta no momento do aparecimento dos primeiros sintomas, utilizadas nas simulações sem e com o controle do psilídeo vetor.	12
Tabela 4. Ano após o início da epidemia de HLB (e idade do pomar, em anos) depois do qual a produtividade do pomar doente se apresenta pelo menos 10% abaixo da produtividade do pomar sadio ($AAIEP \leq 10\%$) em função do cenário de manejo da doença, da idade do pomar no início da epidemia e da incidência inicial de plantas com sintomas.	21
Tabela 5. Ano após o início da epidemia de HLB (e idade do pomar, em anos) depois do qual a produtividade do pomar passa a ser decrescente ($AAIEPD$) em função do cenário de manejo da doença, da idade do pomar no início da epidemia e da incidência inicial de plantas com sintomas.	22
Tabela 6. Ano após o início da epidemia de HLB (e idade do pomar, em anos) depois do qual a produtividade do pomar doente se mantém abaixo de 1.000 caixas/ha ($AAIEP < 1000$) em função do cenário de manejo da doença, da idade do pomar no início da epidemia e da incidência inicial de plantas com sintomas.	24
Tabela 7. Produtividades médias (caixas/ha) esperadas no curto, médio e longo prazo após o início da epidemia de HLB em função dos cenários de manejo da doença, idade do pomar no início da epidemia e incidência inicial de plantas sintomáticas.	33

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1. Aplicativo para Simulação dos Cenários.....	9
2.1.1 Planilhas-base para o cálculo da estimativa da produção relativa de pomares doentes com e sem controle do psílídeo vetor.	9
2.1.2 Planilhas para estimativa das produções futuras em função dos cenários simulados de manejo da doença.	12
2.2. Simulações nos cenários de manejo da doença.....	14
2.3. Análises dos dados.....	14
3 RESULTADOS	17
3.1 Comparação das curvas de produtividade esperada no horizonte de 20 anos após o início da epidemia, em função do cenário de manejo, dentro de cada combinação incidência-idade do pomar no início da epidemia.	17
3.2 Comparação das curvas de produtividade esperada no horizonte de 20 anos após o início da epidemia, em função da idade do pomar no início da epidemia, dentro de cada combinação cenário de manejo-incidência inicial.	24
3.3 Comparação das curvas de produtividade esperada no horizonte de 20 anos após o início da epidemia em função da incidência inicial dentro de cada combinação cenário de manejo – idade do pomar no início da epidemia.	28
3.4 Comparação das produtividades médias no curto, médio e longo prazo em função do cenário de manejo, idade do pomar e incidência inicial da epidemia.	31
3.5 Comparação das diferenças das produtividades anuais e acumuladas no curto, médio e longo prazo entre os cenários com a presença da doença em função da idade do pomar e incidência no início da epidemia.	34
4 DISCUSSÃO	46
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

O Brasil detém 50% da produção mundial de suco de laranja, exporta 98% do que produz e consegue 85% de participação no mercado mundial. Os estados da Flórida, nos Estados Unidos da América, e de São Paulo, no Brasil, detêm 81% da produção mundial de suco, sendo que o estado de São Paulo possui 53% do total da produção de suco e um parque citrícola com 160 milhões de plantas de laranja em produção (Neves et al., 2010). Em 2010, 21% das árvores existentes pertenciam a aproximadamente 11 mil produtores pequenos com menos de 20 mil árvores, 32% das árvores a 1500 produtores médios com 20 mil a 199 mil árvores, e 47% das árvores a 120 produtores grandes com mais de 200 mil árvores (Neves et al., 2010).

Na última década, junto com a expansão da citricultura também aumentaram os problemas com mão-de-obra, comercialização e, principalmente, fitossanidade que têm ameaçado a competitividade e sustentabilidade do negócio citrícola. Em função da necessidade de manutenção da viabilidade do negócio, tem havido uma constante busca por tecnologia no setor para o aumento da eficiência produtiva e econômica, associada ao melhor aproveitamento do espaço (aumento da densidade de árvores por hectare), do consumo de água (utilização de irrigação) e da utilização de insumos agrícolas (melhor nutrição das plantas e melhor manejo de pragas e doenças).

As pragas e doenças foram responsáveis pela erradicação de 40 milhões de árvores cítricas entre os anos de 2000 a 2010, sendo responsáveis por perdas de quase 80 milhões de caixas por ano (Neves et al., 2010). Neste contexto, merece destaque que a citricultura mundial tem sofrido sérios prejuízos desde os primeiros relatos da presença do Huanglongbing (HLB) nos pomares das principais regiões produtoras de citros do mundo. Essa doença, caracterizada como uma das mais agressivas para a citricultura tem seu nome derivado da expressão chinesa que significa “doença do ramo amarelo” (Laranjeira et al., 2005). O HLB está presente em diversos países da região sudeste da Ásia, do leste e sul da África, do Oriente Médio, da América Central, do Norte e do Sul (Bové, 2006). Na América do Sul, o HLB foi relatado pela primeira vez no Brasil em 2004 em pomares da região central do estado de São Paulo (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005). Oito anos após seu primeiro relato, segundo levantamento realizado pelo Fundecitrus em 2012, a doença está disseminada por todas as regiões citrícolas do estado, presente em 64,1% dos talhões de laranja, sendo 6,91% das laranjeiras com sintomas no campo (Fundecitrus, 2013). De acordo com dados divulgados pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo

(CDA), mais de 26,7 milhões de plantas cítricas foram erradicadas com HLB de 2005 a 2012 (R.B. Bassanezi - baseado em comunicados da CDA na imprensa).

No Brasil, três espécies de bactérias têm sido associadas ao HLB, ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ e ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’ (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005), e um fitoplasma do grupo 16SrDNA-IX (Teixeira et al., 2008) e outro ao grupo 16 SrDNA-I (Teixeira, et al., 2010). A transmissão natural da bactéria no campo acontece por meio do psílídeo asiático dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Lopes et al., 2009). De acordo com Halbert e Manjunath (2004) esse vetor tem uma gama de hospedeiros que inclui muitas espécies do gênero *Citrus* e espécies próximas ou não ao citros, e pode se movimentar ativamente por voos curtos e ser carregado por longas distâncias por massas de ar. Gottwald et al. (2007) relatam que embora inconclusivas existem evidências do movimento a longa distância do HLB pelo psílídeo vetor. A capacidade de dispersão à longa distância do psílídeo e sua constante migração entre pomares torna extremamente difícil impedir que a doença seja introduzida em novas áreas (Gottwald et al., 2007; Bassanezi et al., 2010).

As pesquisas em busca de métodos eficientes de controle para essa doença mobilizam toda a comunidade científica especializada no assunto, sendo investidas cifras significativas em pesquisa, porém ainda não existem métodos curativos para plantas com HLB. Algumas tentativas de controle curativo com antibióticos foram realizadas, porém sem sucesso, pois, uma vez interrompido o tratamento, as plantas voltaram a mostrar os sintomas da doença (Bové, 2006). A poda de ramos sintomáticos e assintomáticos também mostrou mesma ineficácia no controle do HLB pelo fato da bactéria ser distribuída sistemicamente na planta infectada e já estar presente no sistema radicular mesmo antes do aparecimento dos primeiros sintomas (Lopes et al., 2007). Não se conhece até o momento qualquer fonte de resistência dos materiais genéticos de citros existentes, sendo todas espécies e variedades de citros suscetíveis às bactérias associadas à doença (Belasque Jr. et al., 2010b). Desta forma, o manejo do HLB tem sido baseado na prevenção da ocorrência de infecções das plantas, por meio do uso de mudas sadias provenientes de viveiros devidamente registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e cadastrados na CDA, do controle do inseto vetor e da eliminação de plantas doentes nos pomares de citros, assim como a eliminação de plantas de murta (*Murraya paniculata* ou *M. exotica*), que são também hospedeiras da doença e do inseto vetor.

O plantio de mudas cítricas sadias, produzidas com material vegetativo certificado ou fiscalizado em viveiros protegidos por tela ‘antiafídeo’, que também não permite a passagem

do psilídeo, é uma prática obrigatória em todo o estado de São Paulo desde 2003 (Diário Oficial de São Paulo, 2003) e contribui para a sanidade dos pomares recém-plantados neste estado. Entretanto, a condição de sanidade destas mudas pode mudar rapidamente, pois, uma vez no campo, estas plantas estarão expostas ao psilídeo vetor das bactérias associadas ao HLB.

O controle químico do psilídeo vetor do HLB com a pulverização de inseticidas, é a estratégia de controle mais facilmente adotada pelos citricultores paulistas, uma vez que aplicação de agrotóxicos para controlar outras pragas e vetores de doenças na citricultura local, como as cigarrinhas vetoras da *Xylella fastidiosa*, que causa a Clorose Variegada dos Citros, e o ácaro *Brevipalpus phoenicis* transmissor do *Citrus leprosis virus-C*, agente causal da Leprose dos Citros, é prática amplamente utilizada. Porém, a necessidade de aplicações adicionais e frequentes de inseticidas para o controle do psilídeo tem aumentado o custo de produção nos pomares. Ainda assim, estudos recentes indicam que mesmo com aplicações frequentes de inseticidas não se tem obtido êxito no controle da epidemia de HLB, principalmente, quando a área sob controle é relativamente pequena e existem plantas com sintomas de HLB e psilídeos infectivos na região próxima ao pomar tratado (Gatineau et al., 2010; Bassanezi et al., 2013b).

A redução de inóculo é uma medida de controle obrigatória desde 2005 e atualmente é regulamentada pela Instrução Normativa N^o53 de 16/10/2008 do MAPA. A aplicação desta medida de controle, por sua vez, demanda uma contínua e onerosa dedicação por parte dos citricultores, porque todas as plantas devem ser inspecionadas no mínimo quatro vezes ao ano. Inspeções e eliminações frequentes são necessárias devido à existência de várias plantas nos estágios iniciais de infecção, assintomáticas ou com sintomas iniciais bem limitados que podem permanecer no pomar após a remoção das plantas sintomáticas visualmente detectadas (Irey et al., 2006). Dependendo do modo como são feitas as inspeções e da rapidez com que as plantas doentes são removidas após sua descoberta, estas infecções iniciais poderão contribuir mais ou menos para incrementar a epidemia de HLB (Gottwald et al., 2007; Gottwald, 2010). Embora exigida por lei, a eliminação imediata de plantas com sintomas de HLB tem sido muito questionada e não adotada por vários citricultores, principalmente aqueles cujos pomares já estão com incidências elevadas de plantas doentes ou que não estão sendo capazes de evitar o aumento da incidência da doença em seus pomares. Entre os motivos apresentados por estes citricultores se destacam os seguintes: i) Nem todo citricultor tem o hábito de inspecionar constantemente todas as plantas do pomar e por isso não tem mão-de-obra treinada e infraestrutura adequada para tal serviço; ii) A eficiência desta medida

quando adotada isoladamente pelo produtor, assim como o controle do psilídeo, tem muito pouco ou nenhum efeito na redução da velocidade de progresso da doença no pomar, principalmente se a região na qual a propriedade está localizada tem alta incidência da doença e/ou a propriedade é relativamente pequena, como constatado por Bassanezi et al. (2013a, b); iii) Em caso de alta incidência de plantas doentes no pomar, a erradicação destas plantas significaria a saída imediata do produtor da atividade citrícola; e iv) Quando uma planta sintomática, mas produtiva, é eliminada há uma perda imediata e futura de receita porque, esta planta mesmo que doente ainda poderia ter alguma produção residual nos anos futuros. No caso destes dois últimos motivos, os produtores estão deixando de cumprir a legislação e estão mantendo as plantas doentes em seus pomares esperando que estas plantas doentes, principalmente as maiores ou adultas, ainda produzam por alguns anos. Assim, o custo para a manutenção destas plantas doentes no pomar, desde que aliado a um controle intensivo do psilídeo nestas plantas para que elas não sirvam como fonte de inóculo, ainda seria mais viável economicamente que os custos de erradicação das plantas doentes e a perda das produções destas plantas doentes nos anos seguintes.

Embora seja factível, o controle do HLB é bem difícil e o sucesso no manejo desta doença praticamente tem sido obtido apenas em casos nos quais os citricultores adotam todas as medidas recomendadas desde o início da epidemia e as propriedades são localizadas em regiões com baixa incidência da doença, ou estão distantes de pomares sem manejo, ou são propriedades grandes com centenas de hectares (Belasque Jr. et al., 2010a). Isto significa que para se ter um maior sucesso no controle do HLB dever-se-ia priorizar a ação conjunta dos citricultores no sentido da aplicação plena das medidas de controle em áreas bastante extensas, ao nível regional (Bassanezi et al., 2013a, b). Este manejo regional é necessário por causa das características de dispersão constante e a longas distâncias do psilídeo vetor e da impossibilidade de se evitar totalmente as infecções primárias causadas por psilídeos infectivos provenientes de pomares infectados e sem controle do vetor, mesmo com aplicações frequentes de inseticidas (Bassanezi et al., 2013a, b). Como o psilídeo migrante se concentra nos primeiros 150 m da periferia da propriedade, no caso de propriedades pequenas a relação área de borda/área total é alta o que a torna muito mais dependente das condições sanitárias dos pomares ao seu redor. No caso de propriedades grandes ou áreas grandes com manejo coletivo do HLB, a relação área de borda/área total é menor e apenas as bordas desta área serão afetadas pelas condições sanitárias externas (Bassanezi et al., 2013a, b).

Infelizmente, pelo baixo rigor na fiscalização do cumprimento das atividades de erradicação de plantas sintomáticas impostas pela IN53, mas também pela própria diversidade

do perfil de citricultores, a intensidade da adoção das medidas de manejo do HLB não tem sido igual por todos citricultores dentro de uma mesma região. No estudo realizado por Maschio (2011), o controle de *D. citri* com mais de sete pulverizações anuais de inseticidas, número considerado razoável para manter a população do vetor sob controle, era realizada por apenas 50% dos pequenos produtores paulistas, contra 74% dos médios e 90% dos grandes produtores. Apenas 45% dos pequenos produtores realizavam pelo menos as quatro inspeções anuais obrigatórias pela IN53 para detecção de plantas com sintomas de HLB, contra 69% dos médios e 86% dos grandes produtores. Desta forma, com apenas parte dos citricultores adotando todas as medidas recomendadas para o manejo do HLB e somente nas suas propriedades, a epidemia desta doença não está sendo contida e a doença continua a se espalhar e aumentar em incidência por todo parque citrícola paulista e também pelos municípios do Paraná e Minas Gerais.

O aumento da pressão de inóculo externo sobre os produtores que continuam adotando as práticas recomendadas de manejo do HLB tem invariavelmente levado ao aumento da incidência da doença em seus pomares e feito com que eles comecem a questionar a viabilidade econômica das medidas de controle adotadas mesmo sabendo que, conforme comentaram Aubert (1992) e Roistacher (1996), quando o HLB se torna endêmico e não são adotadas medidas efetivas de controle das fontes de inóculo e do psílídeo vetor, o progresso da doença no pomar, assim como a evolução da severidade dos sintomas através da área da copa, pode ser relativamente rápido reduzindo significativamente a vida econômica de pomares afetados para 7 a 10 anos após o plantio.

Além da disponibilidade de recursos tecnológicos e financeiros, da consciência e do conhecimento do citricultor a respeito dos prejuízos que a ausência ou o manejo ineficiente do HLB pode trazer ao seu pomar e aos pomares dos seus vizinhos, o emprego das práticas de manejo do HLB pelos citricultores tem dependido, mais do que nunca, de uma análise econômica dos benefícios e custos de sua adoção a curto, médio e longo prazo.

Para que esta análise dos benefícios do manejo do HLB seja feita com critério técnico, o primeiro passo seria desenvolver aplicativos que permitam ao citricultor simular e avaliar o impacto futuro da doença na produção de pomares cítricos sob diferentes cenários de manejo da doença e, posteriormente, agregar valores aos custos das medidas de controle e às receitas relacionadas às perdas de produção evitadas pela adoção das diferentes práticas de manejo.

Embora muitas informações quantitativas básicas sobre o progresso temporal da epidemia do HLB e dos danos causados em plantas de diferentes idades, combinações

copa/porta-enxerto e submetidas a diferentes práticas de manejo de HLB ainda sejam escassas na literatura, Bassanezi & Bassanezi (2008) desenvolveram um aplicativo em planilha eletrônica Excel (Microsoft) que permite estimar e quantificar o impacto futuro do HLB em pomares sem manejo da doença. Com base nas poucas informações disponíveis na literatura e em observações de campo, este aplicativo agrega ao longo dos anos dados do progresso da incidência de plantas com sintomas de HLB com o progresso da severidade da doença nas plantas sintomáticas e com a relação entre a severidade de doença e a produção das plantas doentes em relação às plantas sadias.

Para a estimativa do progresso da incidência de plantas com sintomas de HLB ao longo do tempo, Bassanezi & Bassanezi (2008) utilizaram o modelo de Gompertz [$y = \exp(-(-\ln(y_0)).\exp(-r_G.t))$], no qual y é a proporção de plantas sintomáticas no tempo t (anos), y_0 é a proporção de plantas sintomáticas desde a primeira aparição de plantas sintomáticas e r_G é a taxa de progresso anual da incidência da doença. Este modelo, assim como o modelo logístico, tem descrito bem a evolução temporal da incidência de plantas com sintomas de HLB em várias situações (Bassanezi et al., 2006, 2013a, b; Gottwald et al., 2007; Gottwald, 2010). De acordo com os dados publicados na literatura mundial (Aubert et al., 1984; Catling & Atkinson, 1974; Gottwald et al., 1989, 1991, 2007; Bassanezi et al., 2006; Gatineau et al., 2010; Gottwald, 2010) e observações de campo sobre o progresso da doença sem a adoção de medidas de controle, mais de 95% das plantas podem ser infectadas e manifestar os sintomas de HLB em um prazo de três a 13 anos após o plantio, dependendo da idade do pomar quando as primeiras plantas sintomáticas apareceram. Geralmente, pomares mais jovens com várias e intensas brotações ao longo do ano apresentam uma velocidade de progresso da incidência de HLB maior que pomares adultos, menos atrativos a *D. citri*. Assim, Bassanezi & Bassanezi (2008) usaram valores diferentes de r_G para cada classe de idade no aparecimento das primeiras plantas com sintomas de HLB. O valor de r_G considerado para faixas de idade de 0-2, 3-5, 6-10 e >10 anos em pomares infectados foram respectivamente 1,3; 0,650; 0,325 e 0,244 por ano. Dessa forma, na ausência de medidas de controle, a incidência da doença atinge 50% das plantas em menos de dois anos após o aparecimento das primeiras árvores sintomáticas em pomares de 0-2 anos, e aproximadamente em 10 anos, após o aparecimento dos primeiros sintomas, em pomares com mais de 10 anos de idade.

A respeito da evolução da severidade dos sintomas nas plantas doentes, as poucas informações disponíveis na literatura, tanto na Ásia como na África, apenas indicam que sintomas severos de HLB têm sido observados cinco a oito anos após o plantio (Aubert et al., 1984, 1996; Aubert, 1990; Bové, 1986; Regmi & Lama, 1987; Roistacher, 1996), ou um a

cinco anos após o aparecimento dos primeiros sintomas nas plantas (Lin, 1963; Schwarz et al., 1973; Aubert, 1992), sem que sejam quantificados em termos de proporção da copa afetada pela doença ao longo do tempo. Por causa disto, evolução da severidade da doença na copa de uma planta cítrica em diferentes idades vem sendo estudada, porém ainda não existem informações conclusivas descrevendo esse processo. Neste caso, Bassanezi & Bassanezi (2008) optaram por utilizar o modelo logístico [$s = 1/(1+((1/s_0)-1).exp(-r_L.t))$] para descrever esse processo, no qual s é a proporção de área da copa sintomática no tempo t (anos), s_0 é a proporção de área da copa sintomática no aparecimento dos primeiros sintomas da planta e r_L é a taxa anual de progresso da severidade da doença na planta afetada. Valores de s_0 e r_L foram sugeridos empiricamente a partir de observação de campo em pomares de São Paulo. Em teoria, plantas jovens e menores apresentariam maior s_0 , caracterizado por um ramo da planta com sintomas, e o progresso da severidade dos sintomas de HLB seria mais rápido que em plantas mais velhas e maiores. Nestas plantas adultas infectadas, por terem copas maiores e com menos fluxos vegetativos durante o ano, a distribuição sistêmica da bactéria seria mais lenta e as chances de novas e/ou múltiplas infecções seriam reduzidas, o que em teoria retardaria o progresso da severidade dos sintomas nestas plantas. Para representar isto os valores considerados de s_0 foram respectivamente, 0,2; 0,1; 0,05 e 0,025 para árvores nas quais os sintomas apareceram quando tinham 0-2; 3-5; 6-10 e >10 anos de idade, e os valores de r_L , por ano, considerados foram 3,68 para árvores de 0-2 anos de idade; 1,84 para pomares de 3-5 anos de idade; 0,92 para pomares de 6-10 anos de idade; e 0,69 para árvores com mais de 10 anos (Bassanezi & Bassanezi, 2008). Dessa forma, para árvores em que o aparecimento dos primeiros sintomas ocorreu quando tinham 0-2 anos para a severidade de HLB chegar a 100% leva cerca de dois anos, enquanto que este tempo é cerca de 10 anos para as árvores nas quais o início dos primeiros sintomas ocorreu quando as árvores tinham mais de 10 anos.

À medida que a severidade da doença aumenta nas plantas afetadas, sua produção diminui. Esta relação entre a severidade de HLB e a produção desta planta em relação às plantas saudáveis (p) foi determinada para as principais variedades de laranja doce plantadas no estado de São Paulo por Bassanezi et al. (2011) pelo modelo exponencial negativo [$p = \exp(-1,85.s)$].

Com o aplicativo, com base na curva esperada de produtividade de um pomar sadio, consegue-se, ao longo do tempo, estimar a produção de um pomar infectado e sem a adoção de medidas de controle, em função da idade do pomar no aparecimento das primeiras plantas sintomáticas, da incidência inicial de plantas com sintomas, da taxa anual de progresso da

incidência de plantas com sintomas, da severidade inicial das plantas com sintomas e da taxa anual de progresso da severidade dos sintomas nestas plantas.

Por outro lado, caso sejam conhecidos os efeitos das medidas de controle sobre as taxas de progresso da incidência e severidade de HLB é possível utilizar este aplicativo para a análise econômica dos benefícios e custos da adoção de determinadas medidas de controle, principalmente o controle do psílídeo e a eliminação de plantas sintomáticas. De acordo com pesquisas recentes, a taxa de progresso anual da incidência de plantas com sintomas de HLB pode variar dependendo do manejo que os pomares infectados recebem e/ou da proximidade destes às áreas com grande pressão da doença. Sendo assim, pomares com controle local da doença apresentam taxas de progresso da incidência de HLB menores que pomares nos quais não se adotam o manejo do vetor e do inóculo local. Entretanto, nestes pomares com controle local da doença, a redução na taxa de progresso anual da incidência de HLB será maior à medida que se aumenta a densidade de pomares com manejo da doença na região na qual a propriedade está inserida. No caso de pomares próximos a pomares sem o manejo do HLB, o controle intensivo do vetor reduz em aproximadamente 30% a taxa anual de progresso da doença nos pomares com controle (Bassanezi et al., 2013b). Com relação à eficiência das medidas de erradicação na redução da taxa anual de progresso da incidência de HLB, ela tem sido quase insignificante quando aplicada apenas em parcelas ou talhões pequenos de 1 a 3 ha, mas tem sido muito eficiente quando aplicada em escala regional, porque reduz a população de psílídeos bacterialíferos responsáveis pelas infecções primárias (Bassanezi et al., 2013a, b). O efeito das medidas de controle sobre as taxas de progresso da severidade dos sintomas de HLB ainda não foram bem determinados, embora se tenha especulado que o controle do vetor possa interferir com a redução do número de infecções múltiplas e reinfecções em plantas já infectadas e assim reduzir a velocidade de progresso da severidade de HLB (Montesino & Bassanezi, 2011).

Para que a adoção de uma medida de manejo seja considerada economicamente viável, a receita com a perda de produção evitada pela adoção desta medida deve ser maior que o custo ou perda de produção com a sua adoção dentro de um determinado período estudado. Assim, este trabalho de dissertação teve como objetivo o uso de um novo aplicativo baseado no aplicativo de Bassanezi & Bassanezi (2008) para a simulação do impacto na produção de pomares cítricos sob diferentes cenários de manejo do HLB, idades do pomar e incidências de plantas com sintomas da doença no início da epidemia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aplicativo para Simulação dos Cenários

As simulações dos diversos cenários foram realizadas utilizando-se uma nova versão do aplicativo de Bassanezi & Bassanezi (2008) com variações em relação às taxas de progresso da incidência e severidade de HLB nos pomares afetados.

2.1.1 Planilhas-base para o cálculo da estimativa da produção relativa de pomares doentes com e sem controle do psíldeo vetor

Este aplicativo é composto por duas planilhas-base denominadas “Taxas e Produtividade (sem controle do vetor)” e “Taxas e Produtividade (com controle do vetor)”. Nestas planilhas deve-se informar para cada faixa etária (de 0 a 20 anos) o número de plantas do pomar, a produção estimada para plantas sadias (em caixas de 40,8 kg por planta) e a incidência inicial de plantas com sintomas de HLB (y_0 , em proporção do número total de plantas no pomar). Nas simulações realizadas neste trabalho a produção estimada para as plantas sadias em cada idade foram baseadas em dados médios de produção de laranja em diferentes propriedades localizadas no estado de São Paulo (Tabela 1).

Tabela 1. Produção média (em caixas de 40,8 kg/planta) para cada idade de planta sadia utilizada nas simulações sem e com o controle do psíldeo vetor.

Idade da planta (anos)	Produção média para plantas sadias (caixas de 40,8 kg/planta)
0	0,00
1	0,20
2	0,60
3	0,85
4	1,20
5	1,40
6	1,90
7	2,35
8	2,75
9	3,00
10	3,50
11	3,70
12	3,85
13	3,90
14	4,05
15	4,10
16	4,10
17	4,05
18	4,00
19	3,98
≥ 20	3,80

Em seguida, para cada idade de plantas do pomar no momento da detecção das primeiras plantas com sintomas de HLB, foram estimadas, seguindo a abordagem de Bassanezi & Bassanezi (2008), a cada ano, por um período de 20 anos, a incidência de plantas com sintomas, a severidade dos sintomas nestas plantas doentes, a produção relativa das plantas sintomáticas e a produção relativa do pomar considerando a produção das plantas saudáveis e sintomáticas.

Para a estimativa da incidência futura de plantas com sintomas de HLB foi utilizado o modelo de Gompertz. Em cada uma dessas planilhas os valores das taxas anuais de progresso de incidência de plantas com sintomas de HLB do modelo de Gompertz (r_G) foram distintos. Para a planilha “Taxas e Produtividade (sem controle vetor)” foram utilizados valores de r_G maiores, de acordo com os dados disponíveis na literatura para regiões nas quais a doença está bem estabelecida e não se realiza o manejo da doença, adotando valores decrescentes a partir de 1,30 à medida em que os pomares ficam mais velhos, até a idade de 8 anos, a partir da qual o valor de r_G foi fixado em 0,45 (Tabela 2). Para a planilha “Taxas e Produtividade (com controle do vetor)”, foi considerado um valor de $r_G = 0,25$ para todas as faixas etárias de plantas e durante todo o período da simulação. Este valor representa a média encontrada em nove propriedades de diversos tamanhos (de 193 a 1.951 ha), com plantas de diferentes idades (de 0 a 20 anos) e com intenso controle de psilídeo (média de 18 aplicações de inseticidas por ano), localizadas nas diferentes regiões no estado de São Paulo (*dados não publicados*). Esta taxa de progresso da incidência de HLB constante observada para todas as idades de plantas nestas propriedades com controle do vetor, ao contrário do que foi adotado para pomares sem manejo da doença, provavelmente ocorreu pela adoção de medidas de controle do vetor mais rigorosas nos pomares novos em comparação aos pomares adultos, compensando a maior atratividade das plantas jovens aos psilídeos. Nas plantas jovens normalmente é realizado, em média, o dobro de pulverizações com inseticidas de contato em relação às plantas adultas, e no mínimo quatro aplicações de inseticidas sistêmicos por safra, que não são realizadas nas plantas adultas.

Embora se saiba que o valor de r_G varie em função das medidas de controle adotadas na propriedade e também na região na qual a propriedade está localizada, como também em função da distância da propriedade em relação à fonte de inóculo, neste estudo foi considerado que os fatores responsáveis pela mudança na taxa de progresso da incidência de HLB, como a pressão para infecções primárias causadas por psilídeos infectivos imigrantes e as práticas e eficiência do controle adotados dentro da propriedade não seriam alterados durante todo horizonte temporal da simulação e, portanto, o valor de r_G foi mantido constante.

Nas simulações realizadas, foi considerado que apenas o controle do vetor no pomar teria influência na redução da taxa anual de progresso da incidência de plantas com HLB, uma vez que as medidas de redução de inóculo na região na qual está localizado o pomar são as mesmas independentes das medidas adotadas dentro do pomar analisado e, conforme observado por Bassanezi et al. (2013a, b), as medidas de erradicação aplicadas em pequena escala, apenas no pomar, tem efeito quase nulo na redução ou no aumento da taxa anual de progresso da incidência de HLB do pomar quando o controle do vetor é suficiente para impedir o desenvolvimento do psilídeo em plantas doentes no pomar evitando, assim, a dispersão secundária da doença.

Tabela 2. Taxa anual de progresso da incidência de plantas com HLB, do modelo de Gompertz, para cada idade do pomar no momento do aparecimento das primeiras plantas sintomáticas, utilizada nas simulações sem e com o controle do psilídeo vetor.

Idade do Pomar (anos)	Taxa anual de progresso da incidência de plantas com sintomas de HLB do modelo de Gompertz (r_G)	
	Sem controle do vetor*	Com controle do vetor**
0	1,30	0,25
1	1,10	0,25
2	0,90	0,25
3	0,80	0,25
4	0,70	0,25
5	0,60	0,25
6	0,55	0,25
7	0,50	0,25
≥ 8	0,45	0,25

* Valores baseados em Bassanezi & Bassanezi (2008).

** Valores médios para propriedades com controle do vetor no estado de São Paulo.

Para a estimativa da severidade futura foi utilizado o modelo logístico. Considerou-se nas duas planilhas os mesmos valores de severidade inicial (s_0) e de taxa anual de progresso da severidade da doença pelo modelo logístico (r_L) adotados por Bassanezi & Bassanezi (2008) para cada idade de planta no início do aparecimento dos sintomas, pois ainda não se quantificou o efeito das medidas de controle da doença, tanto de redução de inóculo como de redução da população de psilídeo, na redução de s_0 e r_L . Os valores utilizados de s_0 e r_L nas simulações estão apresentados na Tabela 3 e seguiram o critério de menor valor de s_0 e de r_L para plantas mais velhas conforme observações de campo e de poucos dados disponíveis na literatura.

Em seguida, em cada planilha, para cada idade de pomar no momento de aparecimento da doença no pomar, foi estimada a severidade total da doença no pomar afetado (s_n) no ano n pela equação $s_n = \sum_{j=0}^{j=n} (y_j - y_{j-1}) \cdot s_{n-j}$, no qual y_j é a incidência de plantas com sintomas no ano j , y_{j-1} é a incidência de plantas com sintomas no ano anterior ao ano j . Posteriormente, o valor estimado de s_n para cada ano foi usado para o cálculo da produção relativa do pomar doente (p , proporção da produção de um pomar sadio da mesma variedade e idade) pelo modelo exponencial negativo $p = \exp(-1,85 \cdot s_n)$ de acordo com Bassanezi et al. (2011).

Tabela 3. Severidade inicial de HLB e taxa anual de progresso da severidade dos sintomas de HLB do modelo logístico, para cada idade de planta no momento do aparecimento dos primeiros sintomas, utilizadas nas simulações sem e com o controle do psilídeo vetor.

Idade da planta (anos)	Severidade inicial (s_0 , em proporção da área da copa com sintomas)	Taxa anual de progresso da severidade pelo modelo logístico (r_L)
0	0,300	3,7
1	0,200	3,2
2	0,150	2,7
3	0,125	2,2
4	0,100	1,9
5	0,075	1,6
6	0,050	1,3
7	0,045	1,0
8	0,040	0,9
9	0,035	0,8
10	0,030	0,7
> 10	0,025	0,6

2.1.2 Planilhas para a estimativa das produções futuras em função dos cenários simulados de manejo da doença

Outras três planilhas compuseram o aplicativo para o cálculo das produções futuras em função dos cenários simulados de manejo da doença. Cada uma dessas planilhas foi utilizada para as diferentes simulações em quatro cenários de manejo da doença:

Cenário A – Cenário sem a doença (pomar sadio);

Cenário B – Cenário sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor;

Cenário C – Cenário sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor;

Cenário D – Cenário com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, de acordo com a legislação vigente.

Todas estas planilhas possuíam uma estrutura básica composta por uma matriz que simula o envelhecimento do pomar a cada ano durante o período máximo de 20 anos. No primeiro ano desta matriz foram colocados os números de plantas atuais do pomar em estudo, em cada categoria de idade de 0 a 20 anos. A cada novo ano, a quantidade de plantas de uma categoria de idade mudava para a categoria posterior descontando-se o número de plantas que foram removidas no ano anterior por várias causas fitossanitárias, inclusive pelo HLB. Esta diminuição de plantas a cada ano era baseada nos dados fornecidos de taxa anual de eliminação de plantas por outras causas e de taxa anual de erradicação de plantas com HLB. Neste trabalho, a taxa anual de eliminação de plantas por outras causas, como ocorrência de Gomose, CVC, Rubelose, Declínio, Morte súbita dos citros e outras, foi igual a 0,005% para todas as idades de plantas e todos os anos futuros. A taxa de erradicação anual de plantas com HLB variou conforme o manejo de erradicação adotado para as plantas sintomáticas, sendo igual a 0 (zero) nos cenários de não erradicação (Planilhas “Cenário B” e “Cenário C”) e igual à incidência anual de novas plantas com sintomas de HLB ($y_j - y_{j-1}$), calculada para cada idade nas planilhas “Taxas e Produtividade (com controle do vetor)” no cenário envolvendo a erradicação de plantas com sintomas de HLB (Planilha “Cenário D”).

Ainda nesta matriz, a cada novo ano foi considerado o replantio ou não replantio das plantas eliminadas no ano anterior devido às causas fitossanitárias. Nas simulações com os cenários envolvendo a não erradicação de plantas com HLB (Planilhas “Cenário B” e “Cenário C”) não houve replantio no ano seguinte das plantas eliminadas por outras causas fitossanitárias, assumindo, neste caso, que a decisão de manter plantas com sintomas de HLB no pomar significaria que o produtor não pretende manter o pomar por muitos anos, mas apenas pelo tempo em o mesmo for economicamente viável, uma vez que a produtividade do pomar doente irá cair à medida que a severidade da doença aumentar. Além disso, a presença progressiva de plantas com sintomas de HLB representaria um maior risco ao bom desenvolvimento das replantas pelo aumento da pressão de inóculo de HLB na área e um aumento no custo de controle do psilídeo. Nas simulações com cenário envolvendo a erradicação de plantas com HLB (Planilha “Cenário D”), a taxa anual de replantio foi igual a 100% de todas as plantas eliminadas no ano anterior por HLB e outras causas, independente da idade do pomar e por todo período da simulação.

Uma vez preenchida a matriz de evolução do número de plantas por idade para cada ano futuro (por período de 20 anos), o número de plantas em cada idade foi multiplicado pela produção/planta esperada para plantas sadias em cada idade, compondo uma nova matriz de

evolução da produção do pomar para cada ano futuro. Na planilha “Cenário D”, os valores desta matriz correspondem diretamente à produção do pomar estimada para cada ano de simulação, uma vez que neste cenário não haverão plantas sintomáticas no pomar por causa da sua erradicação. Nas planilhas “Cenário B” e “Cenário C”, os valores desta matriz correspondem à produção do pomar se ele nunca tivesse o HLB, isto é, a produção para o “Cenário A”. Como nestes cenários sem a erradicação de plantas com HLB as plantas sintomáticas permanecem no pomar por todo período, foi preciso novamente multiplicar esta matriz de produção de plantas sadias por uma nova matriz de produção relativa do pomar doente. Na planilha “Cenário B” utilizou-se os valores de produção relativa do pomar doente obtidos na planilha “Taxas e Produtividade – sem controle do vetor”, enquanto que na planilha “Cenário C” utilizou-se os valores da planilha “Taxas e Produtividade – com controle do vetor”.

2.2 Simulações nos cenários de manejo da doença

A partir do aplicativo descrito no item 2.1 foram estimadas as produções acumuladas esperadas nos três cenários de presença da doença e manejo (Cenários B, C e D) no horizonte temporal de 20 anos em diferentes simulações, combinando a idade de aparecimento das primeiras plantas doentes e a incidência inicial de plantas com sintomas. Considerou-se curto prazo os primeiros 5 anos de simulação, médio prazo os primeiros 10 e 15 anos, e longo prazo todo o horizonte temporal de 20 anos.

As simulações nos três cenários foram realizadas para propriedades pequenas de 10 mil plantas, variando as idades das plantas (2, 4, 6, 8 e 10 anos) e incidências iniciais de plantas com HLB [0,01% (uma planta em 10 mil); 0,1% (10 plantas em 10 mil); 1% (100 plantas em 10 mil) e 10% (1.000 plantas em 10 mil)], num total de 20 combinações idade-incidência inicial.

As produções acumuladas estimadas em caixas de 40,8 kg foram transformadas em caixas/ha considerando que as 10 mil plantas iniciais ocupavam 16,25 ha, num espaçamento de 6,5 m x 2,5 m.

2.3 Análises dos dados

Inicialmente, de acordo com as simulações descritas no item 2.2, foram geradas curvas de produtividade (caixas/ha) para o horizonte temporal de 20 anos após o início da epidemia para todas as combinações de cenários de manejo da doença (Cenários A, B, C e D), incidências iniciais de HLB (0,01%; 0,1%, 1% e 10%) e idades dos pomares no início da

epidemia (2, 4, 6, 8 e 10 anos). Estas curvas foram agrupadas de três diferentes maneiras para facilitar as comparações entre os fatores cenários de manejo, incidência inicial e idade dos pomares no início da epidemia:

- (i) Comparação das curvas de produtividade em função do cenário de manejo dentro de cada combinação incidência-idade do pomar no início da epidemia (Figuras de 1 a 5);
- (ii) Comparação das curvas de produtividade em função da idade do pomar no início da epidemia dentro de cada combinação cenário de manejo-incidência inicial (Figuras 6 a 8);
- (iii) Comparação das curvas de produtividade em função da incidência inicial dentro de cada combinação cenário de manejo-idade do pomar no início da epidemia (Figuras 9 a 11).

Em seguida de cada curva de produtividade, de cada combinação idade-incidência inicial-cenário de manejo, foram obtidas as variáveis “Ano depois do início da epidemia (e idade do pomar) após o qual a produtividade do pomar doente se mantém pelo menos 10% abaixo da produtividade do pomar sadio” (Tabela 4), “Ano do ponto de inflexão da curva, isto é, o ano após o início da epidemia (e idade do pomar) a partir do qual a produtividade do pomar passa a ser decrescente” (Tabela 5), “Ano depois do início da epidemia (e idade do pomar) após o qual a produtividade fica abaixo de 1.000 caixas/ha” (Tabela 6) e “Produtividade média do pomar nos períodos de 1 a 5 anos (curto prazo), de 1 a 10 anos e de 1 a 15 anos (médio prazo) e de 1 a 20 anos (longo prazo) após o início da epidemia” (Tabela 7).

Posteriormente, os ganhos ou perdas de produção que um cenário de manejo da doença proporciona em relação a outro cenário de manejo foram obtidos calculando-se, em cada ano após o início da epidemia, as diferenças de produtividade entre os cenários de manejo para cada combinação idade-incidência inicial. As diferenças do Cenário D em relação ao Cenário B (D-B) mostram os ganhos ou perdas que se teria com a erradicação de plantas sintomáticas e com o controle do vetor em relação a não adoção das medidas de controle. As diferenças entre o Cenário D e o Cenário C (D-C) indicam o quanto se produziria a mais ou a menos com a erradicação de plantas sintomáticas. As diferenças do Cenário C em relação ao Cenário B (C-B) indicam quanto se produziria a mais apenas com o controle do vetor, sem a erradicação das plantas sintomáticas. Para cada diferença de produtividade entre cenários de manejo foram feitas curvas em função do tempo (Figuras 12 a 16).

Ao final, realizou-se um comparativo das perdas de produção acumulada dos Cenários B e C em relação ao Cenário D, a curto, médio e longo prazo (Figuras 17 a 21). Tomou-se o Cenário D como padrão, porque, atualmente, é o manejo recomendado para a supressão da epidemia de HLB em acordo com a legislação vigente (IN 53). O comparativo com o Cenário

A, não seria uma situação real para o estado de São Paulo, porque, atualmente, não existem regiões do parque citrícola paulista sem a presença de plantas com sintomas de HLB e a prevenção da introdução da doença em talhões ainda não contaminados (em torno de 35% dos talhões de acordo com o levantamento amostral do Fundecitrus, 2012) é extremamente difícil.

3. RESULTADOS

3.1 Comparação das curvas de produtividade esperada no horizonte de 20 anos após o início da epidemia em função do cenário de manejo dentro de cada combinação incidência-idade do pomar no início da epidemia

Nas Figuras 1 a 5 são apresentados conjuntos de gráficos com as curvas das estimativas de produtividade do pomar (caixas/ha) ao longo do horizonte de 20 anos para os Cenários A, B, C e D para as simulações das quatro incidências iniciais de doença nas diferentes idades estudadas. Cada figura refere-se a uma idade de pomar a partir do início da epidemia (Fig.1 = 2 anos, Fig.2 = 4 anos, Fig.3 = 6 anos, Fig.4 = 8 anos e Fig.5 = 10 anos) e cada um dos gráficos na figura refere-se a uma incidência inicial da doença (A = 0,01%, B = 0,1%, C = 1% e D = 10%).

As curvas de produtividades esperadas simuladas para o Cenário B apresentaram o mesmo padrão, com um período relativamente curto de incremento de produção e uma queda bastante acentuada nos anos seguintes até atingir uma produtividade residual e constante abaixo de 500 caixas/ha (Figuras 1 a 5). Para o Cenário C, o padrão das curvas de produtividades esperadas foi semelhante ao padrão das curvas para o Cenário B, porém com valores de produtividade sempre superiores e com pontos de inflexão e de estabilização sempre em anos posteriores aos do Cenário B. Notou-se também que para o Cenário C o nível de produtividade residual foi igual ao do Cenário B, abaixo de 500 caixas/ha (Figuras 1 a 5). Com relação ao Cenário D, as curvas também apresentaram um período de aumento de produção seguido por um período de queda, após o qual houve novo período de aumento de produção e posterior estabilização com valores de produtividade superiores aos observados nos Cenários B e C, próximos ou maiores que 1.000 caixas/ha (Figuras 1 a 5). Comparando o padrão do Cenário D com o do Cenário C, observou-se que nos pomares com até 6 anos no início da epidemia os níveis de produtividade foram sempre similares ou maiores no Cenário D, enquanto que no início da epidemia nos pomares com 6 ou mais anos as produtividades no curto prazo foram maiores no Cenário C e no médio e longo prazo no Cenário D.

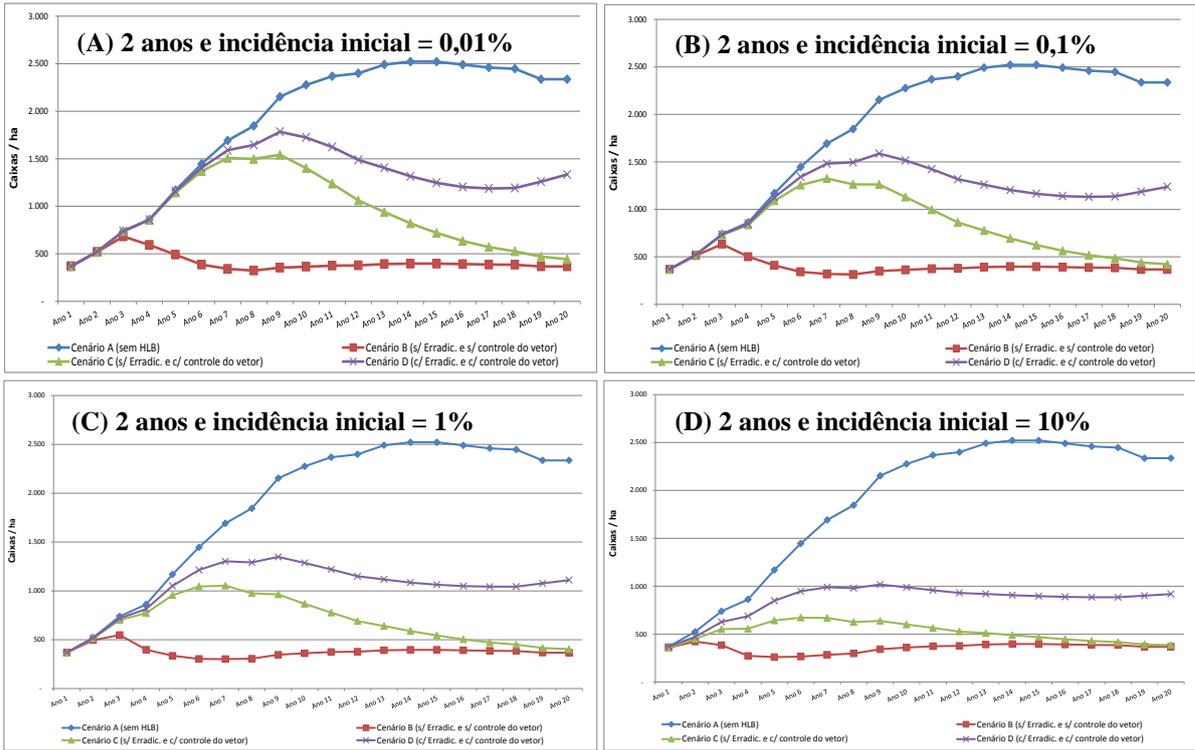


Figura 1. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

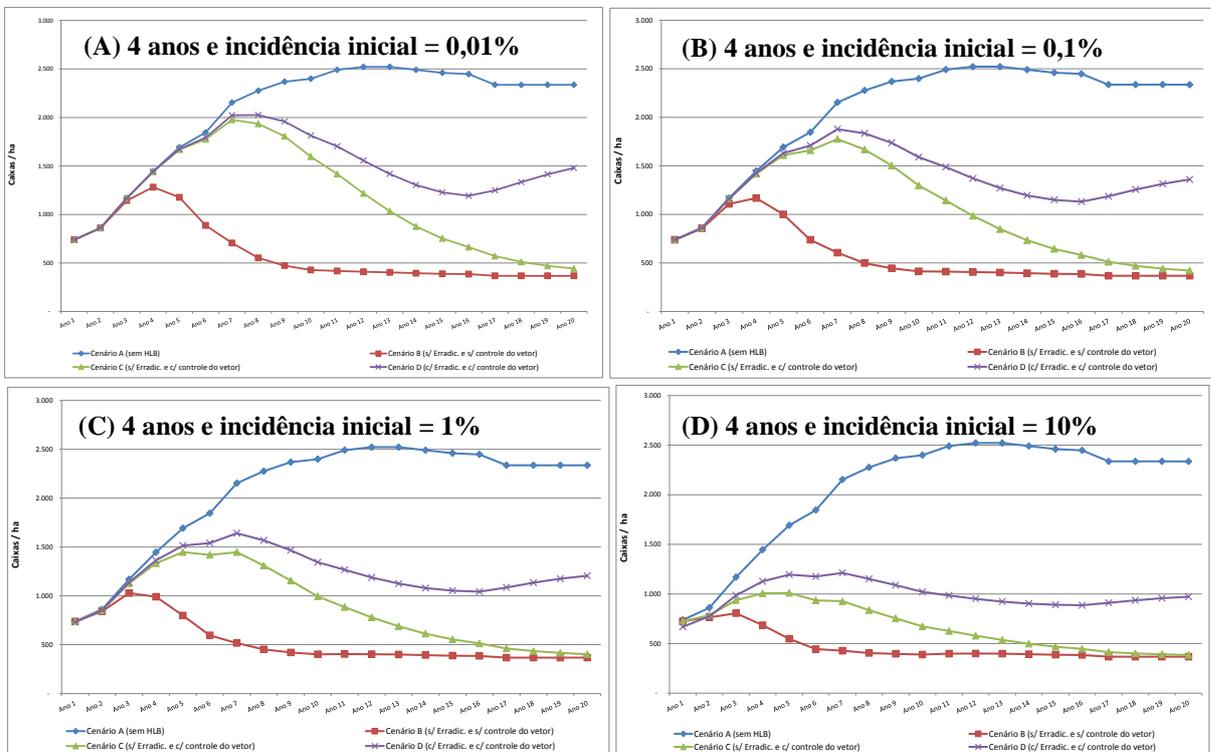


Figura 2. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 4 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

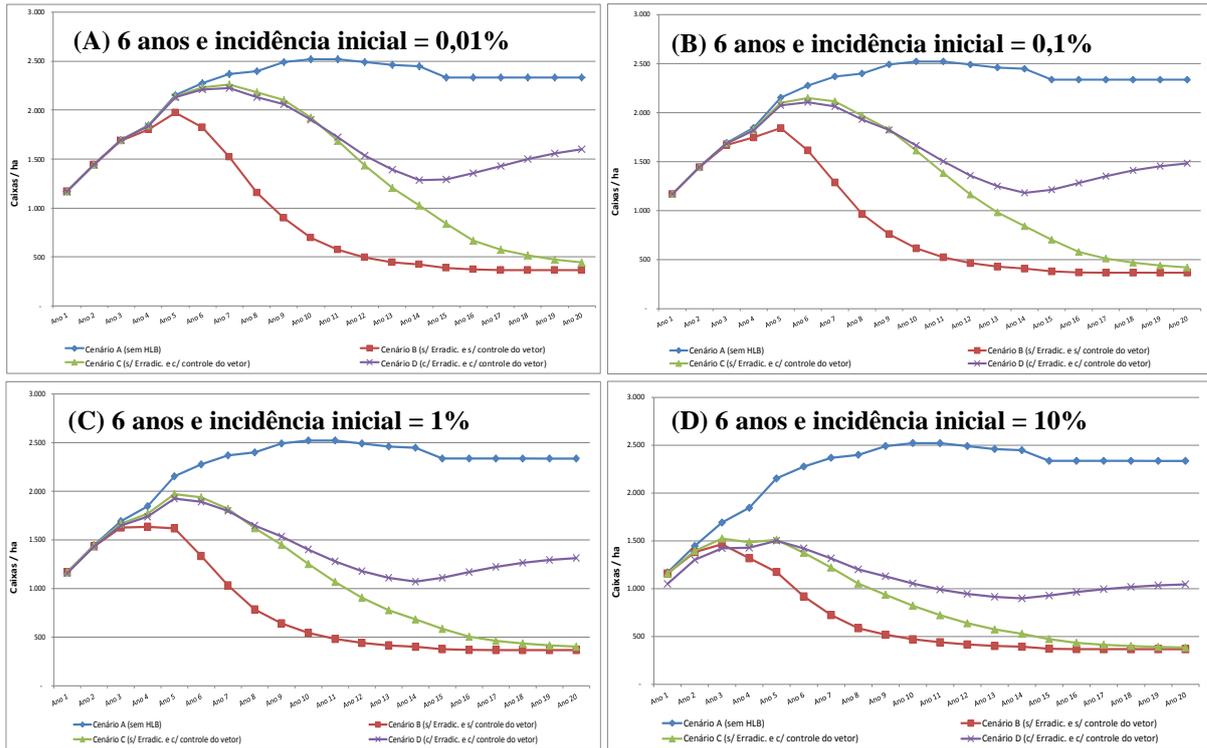


Figura 3. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 6 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

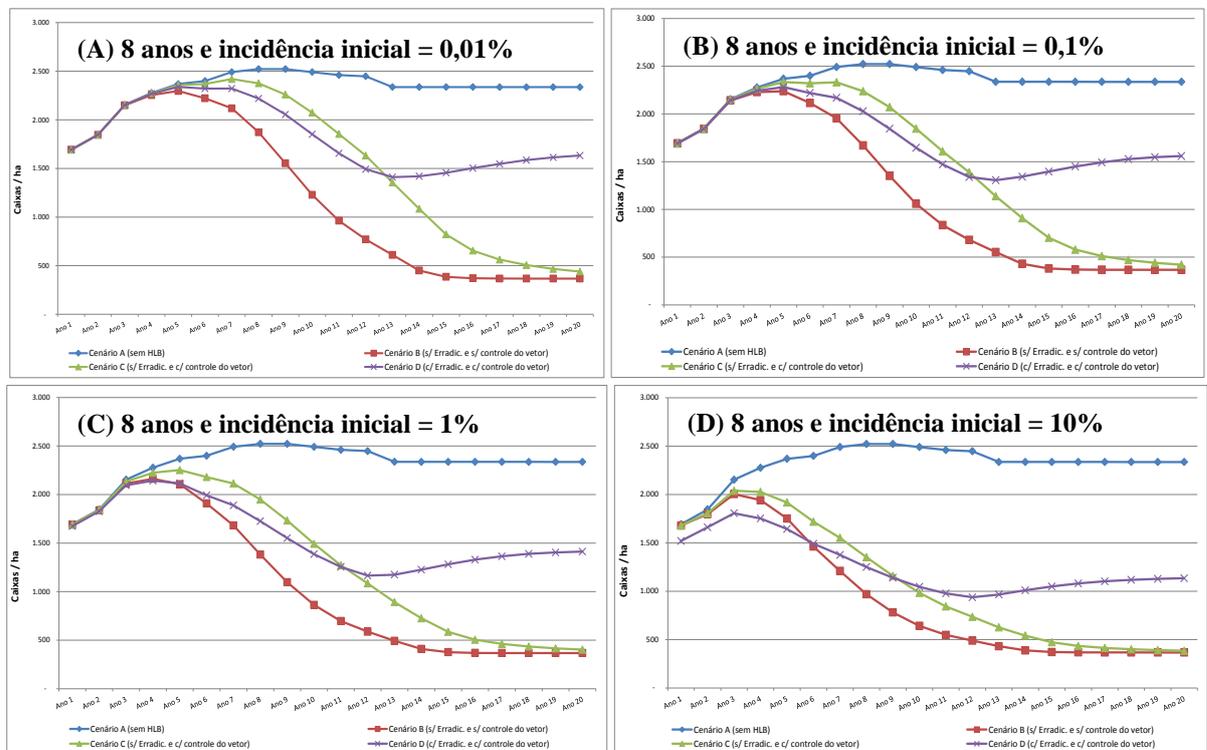


Figura 4. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 8 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

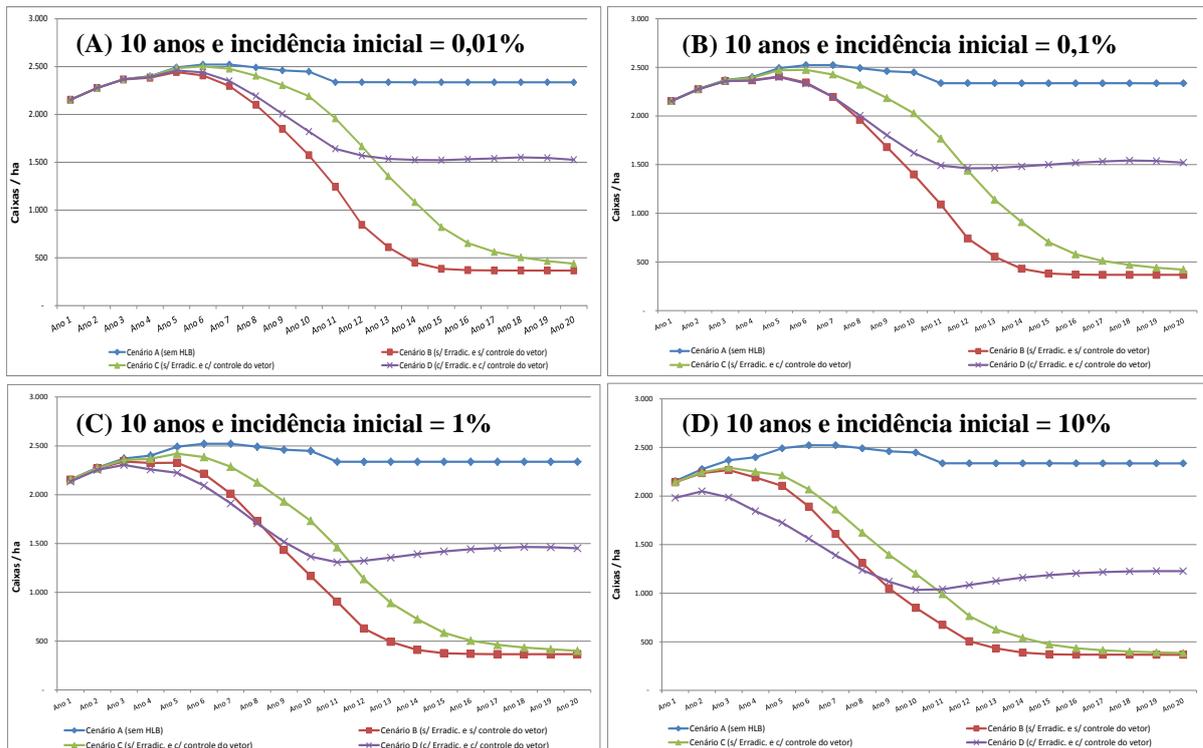


Figura 5. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, sob diferentes cenários de manejo da doença (Cenário A – Pomar sadio; Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor), e quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

Observou-se que independente do cenário de manejo adotado, a ocorrência da doença (Cenários B, C e D) já reduziu a produtividade futura do pomar em relação ao pomar sadio (Cenário A) logo no primeiro ano do aparecimento das primeiras plantas sintomáticas (Figuras 1 a 5). Entretanto, com exceção dos pomares acima de 2 anos no início da epidemia e incidência inicial de 10%, foi necessário um ou mais anos para que esta redução de produção em relação a um pomar sadio fosse mais evidente, isto é, uma produtividade pelo menos 10% menor que a do pomar sadio (Tabela 4).

De maneira geral, o tempo para que a produtividade do pomar doente fosse pelo menos 10% abaixo da produtividade do pomar sadio, na mesma idade e incidência inicial da doença, foi sempre menor para o Cenário B que para o Cenário C, com exceção da incidência inicial de 10%, quando os tempos nos dois Cenários foram semelhantes (Tabela 4). Comparando esta mesma variável para os Cenários B e D, observou-se que os tempos para a queda significativa de produtividade foram menores no Cenário B para pomares com até 6 anos de idade no início da epidemia e incidências iniciais até 1% e com 8 anos e incidências iniciais até 0,1%; semelhantes para pomares com 2 anos e 10% de incidência inicial e com 8

anos e 1% de incidência inicial e 10 anos e 0,01% de incidência inicial; e maiores para pomares acima de 2 anos de idade e incidência inicial de 10% e pomares com 10 anos e incidência inicial de 1% (Tabela 4). Na comparação do Cenário C com o Cenário D, os tempos para queda significativa de produtividade em relação ao pomar sadio foi maior no Cenário C para pomares de 4 anos e incidência inicial de 10%, de 6 a 8 anos e incidências iniciais até 1% e de 10 anos em todas incidências iniciais avaliadas (Tabela 4).

Tabela 4. Ano após o início da epidemia de HLB (e idade do pomar, em anos) depois do qual a produtividade do pomar doente se mantém pelo menos 10% abaixo da produtividade do pomar sadio ($AAIEP \leq 10\%$) em função do cenário de manejo da doença, da idade do pomar no início da epidemia e da incidência inicial de plantas com sintomas.

Idade do pomar no início da epidemia (Anos)	Incidência inicial (%)	AAIEP \leq 10%		
		Cenário B	Cenário C	Cenário D
2	0,01	3 (4)	6 (7)	7 (8)
	0,1	2 (3)	5 (6)	6 (7)
	1	2 (3)	3 (4)	4 (5)
	10	1 (2)	1 (2)	1 (2)
4	0,01	3 (6)	7 (10)	7 (10)
	0,1	3 (6)	5 (8)	6 (9)
	1	2 (5)	4 (7)	4 (7)
	10	1 (4)	1 (4)	*
6	0,01	4 (9)	8 (13)	8 (13)
	0,1	4 (9)	6 (11)	6 (11)
	1	3 (8)	5 (10)	4 (9)
	10	1 (6)	1 (6)	*
8	0,01	5 (12)	8 (15)	8 (15)
	0,1	5 (12)	7 (14)	6 (13)
	1	4 (11)	6 (13)	4 (11)
	10	3 (10)	3 (10)	*
10	0,01	7 (16)	9 (18)	7 (16)
	0,1	6 (15)	8 (17)	6 (15)
	1	5 (14)	7 (16)	4 (13)
	10	4 (13)	4 (13)	*

Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor.

Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor.

Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor.

* No primeiro ano da simulação a produtividade já era $\leq 10\%$ da produtividade do pomar sadio.

Para todos os cenários de manejo, independente da idade do pomar no início da epidemia e da incidência inicial de doença, houve inicialmente um crescimento da produtividade do pomar e em seguida um ponto de inflexão a partir do qual a produtividade se tornou decrescente (Figuras 1 a 5). Na ausência de HLB (Cenário A) a produtividade do pomar passou a ser decrescente a partir do 16º ano de plantio. Na presença da doença, o ano após o início da epidemia a partir do qual a produtividade do pomar passou a ser decrescente foi sempre anterior ao 16º ano de plantio e variou em função dos três fatores analisados (Tabela 5).

Tabela 5. Ano após o início da epidemia de HLB (e idade do pomar, em anos) depois do qual a produtividade do pomar passa a ser decrescente (AAIEPD) em função do cenário de manejo da doença, da idade do pomar no início da epidemia e da incidência inicial de plantas com sintomas.

Idade do pomar no início da epidemia (Anos)	Incidência inicial (%)	AAIEPD			
		Cenário A	Cenário B	Cenário C	Cenário D
2	0,01	15 (16)	3 (4)	9 (10)	9 (10)
	0,1	15 (16)	3 (4)	7 (8)	9 (10)
	1	15 (16)	3 (4)	7 (8)	9 (10)
	10	15 (16)	2 (3)	6 (7)	9 (10)
4	0,01	13 (16)	4 (7)	7 (10)	8 (11)
	0,1	13 (16)	4 (7)	7 (10)	7 (10)
	1	13 (16)	3 (6)	7 (10)	7 (10)
	10	13 (16)	3 (6)	5 (8)	7 (10)
6	0,01	11 (16)	5 (10)	7 (12)	7 (12)
	0,1	11 (16)	5 (10)	6 (11)	6 (11)
	1	11 (16)	5 (10)	5 (10)	5 (10)
	10	11 (16)	3 (8)	5 (10)	5 (10)
8	0,01	9 (16)	5 (12)	7 (14)	7 (14)
	0,1	9 (16)	5 (12)	7 (14)	5 (12)
	1	9 (16)	4 (11)	5 (12)	4 (11)
	10	9 (16)	3 (10)	3 (10)	3 (10)
10	0,01	7 (16)	5 (14)	6 (15)	5 (14)
	0,1	7 (16)	5 (14)	6 (15)	5 (14)
	1	7 (16)	5 (14)	5 (14)	3 (12)
	10	7 (16)	3 (12)	3 (12)	2 (11)

Cenário A – Pomar sadio.

Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor.

Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor.

Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor.

De maneira geral, o tempo para que a produtividade do pomar doente se tornasse decrescente foi sempre menor para o Cenário B que para o Cenário C, com exceção da incidência inicial de 10% para pomares com 8 e 10 anos de idade no início da epidemia, e incidência inicial de 1% para pomar com 10 anos no início da epidemia (Tabela 5). Comparando esta mesma variável para os Cenários B e D, observou-se que os tempos para produtividade se tornar decrescente foram menores no Cenário B para pomares com até 6 anos de idade no início da epidemia em todas incidências iniciais e com 8 anos e incidência inicial de 0,01%; semelhantes para pomares com 8 anos em todas incidências iniciais e 10 anos com incidências iniciais até 0,1%; e maiores para pomares de 10 anos de idade e incidências iniciais de 1 e 10% (Tabela 5). Na comparação do Cenário C com o Cenário D, os tempos para que a produtividade se tornasse decrescente foi semelhante ou igual nas incidências 0,01 para todas as idades, ou igual para as incidências de 0,1% nas idades de 2, 4 e 6 anos. Sendo que para as idades de 8 anos o tempo para produtividade decrescente foi maior no Cenário C para as incidências 0,1 e 1% e para os pomares de 10 anos o foi maior no Cenário C para as incidências 0,1; 1 e 10%.

Devido aos valores esperados de produção atribuídos às plantas sadias (Tabela 1) e à densidade de plantio (615 plantas/ha) usada na simulação, o pomar sadio atingiu produtividade acima de 1.000 caixas/ha a partir do sexto ano após o plantio e manteve esta produtividade acima desse patamar por todo o horizonte temporal da simulação. De maneira geral, os menores tempos para os pomares doentes se tornassem antieconômicos, isto é, que as produtividades dos pomares doentes caíssem abaixo de 1.000 caixas/ha, foram obtidos no Cenário B, seguido pelo Cenário C e por último pelo Cenário D (Tabela 6). É importante notar que no Cenário D, o qual permite o replantio das plantas eliminadas por HLB, na maioria das simulações, os pomares mantiveram produtividades acima de 1.000 caixas/ha por todo horizonte temporal simulado, exceto para pomares com 2 e 4 anos com incidências iniciais de 10% de plantas sintomáticas, cuja produtividade caiu abaixo de 1.000 caixas/ha, respectivamente, após 9 e 10 anos do início do aparecimento das plantas com sintomas de HLB ou quando os pomares tinham 10 e 13 anos de idade, respectivamente.

Tabela 6. Ano após o início da epidemia de HLB (e idade do pomar, em anos) depois do qual a produtividade do pomar doente se mantém abaixo de 1.000 caixas/ha (AAIEP<1000) em função do cenário de manejo da doença, da idade do pomar no início da epidemia e da incidência inicial de plantas com sintomas.

Idade do pomar no início da epidemia (Anos)	Incidência inicial (%)	AAIEP<1000		
		Cenário B	Cenário C	Cenário D
2	0,01	NA	12 (13)	>20
	0,1	NA	10 (11)	>20
	1	NA	7 (8)	>20
	10	NA	NA	9 (10)
4	0,01	5 (8)	13 (16)	>20
	0,1	5 (8)	11 (14)	>20
	1	3 (6)	9 (12)	>20
	10	NA	5 (8)	10 (13)
6	0,01	8 (13)	14 (19)	>20
	0,1	7 (12)	12 (17)	>20
	1	7 (12)	11 (16)	>20
	10	5 (10)	8 (13)	10 (15)*
8	0,01	10 (17)	14 (21)	>20
	0,1	10 (17)	13 (20)	>20
	1	9 (16)	12 (19)	>20
	10	7 (14)	9 (16)	10 (17)*
10	0,01	11 (20)	14 (23)	>20
	0,1	11 (20)	13 (22)	>20
	1	10 (19)	12 (21)	>20
	10	9 (18)	10 (19)	>20

Cenário B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor.

Cenário C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor.

Cenário D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor.

NA = O pomar nunca atinge a produtividade de 1.000 caixas/ha.

* A produtividade cai, mas sobe novamente e se mantém acima de 1.000 caixas/ha.

3.2 Comparação das curvas de produtividade esperada no horizonte de 20 anos após o início da epidemia em função da idade do pomar no início da epidemia dentro de cada combinação cenário de manejo-incidência inicial

Nas Figuras 6 a 8 são apresentados conjuntos de gráficos com as curvas das estimativas de produtividade do pomar (caixas/ha) ao longo do horizonte de 20 anos para as idades de pomar a partir do início da epidemia (2, 4, 6, 8 e 10 anos) para as simulações dos

três cenários de manejo da doença nas diferentes incidências iniciais de doença estudadas. Cada figura refere-se a um cenário de manejo da doença (Fig. 6 = Cenário B - pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Fig.7 = Cenário C - pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; e Fig.8 = Cenário D - pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor) e cada um dos gráficos na figura refere-se a uma incidência inicial da doença (A = 0,01%, B = 0,1%, C = 1% e D = 10%).

De maneira geral, para um mesmo cenário de manejo da doença e incidência inicial de doença, quanto mais jovem o pomar no início da epidemia de HLB, maior foi o impacto da doença neste pomar, isto é, maior foi a redução causada pelo HLB na produtividade futura deste pomar (Figuras 6, 7 e 8).

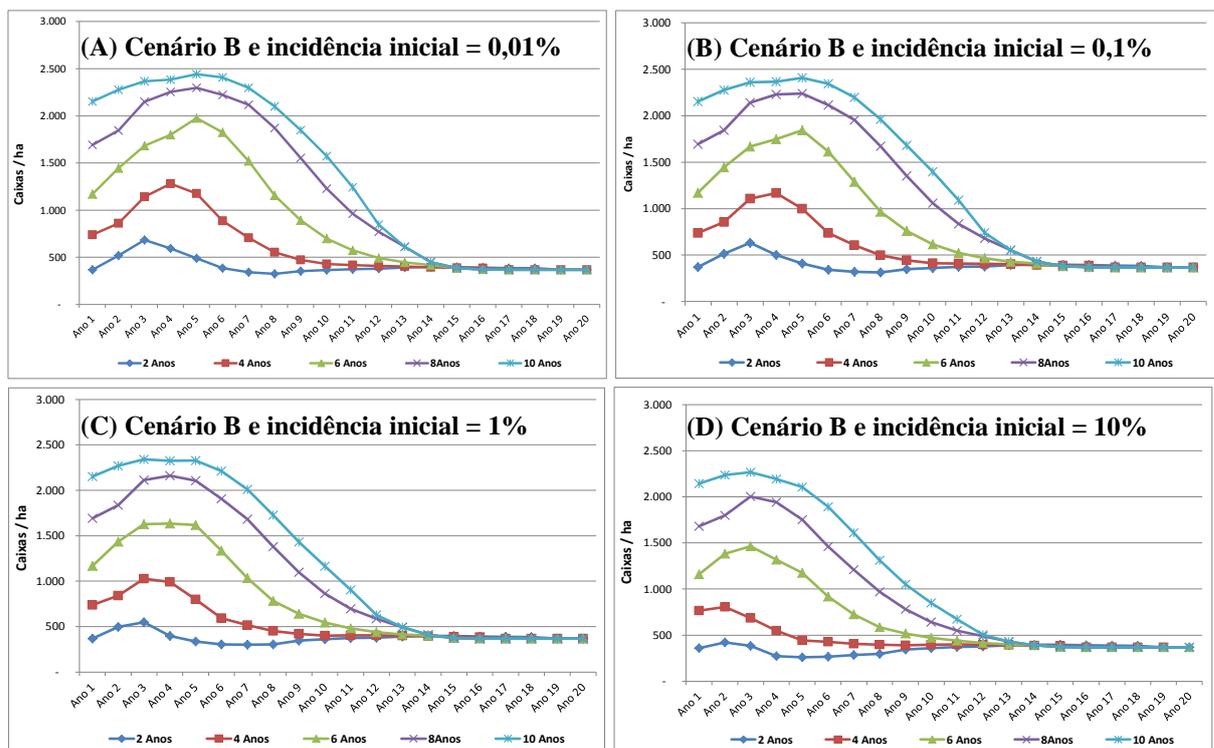


Figura 6. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2, 4, 6, 8 e 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor (Cenário B) e em quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

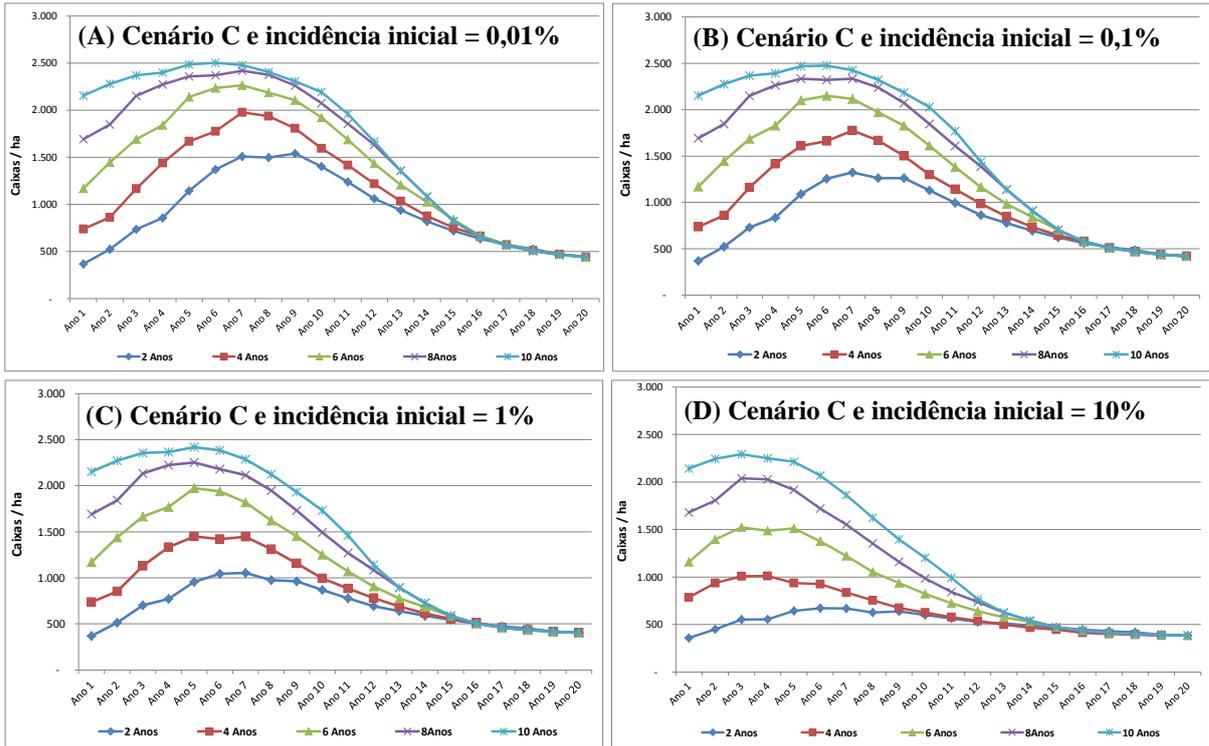


Figura 7. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2, 4, 6, 8 e 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário C) e em quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

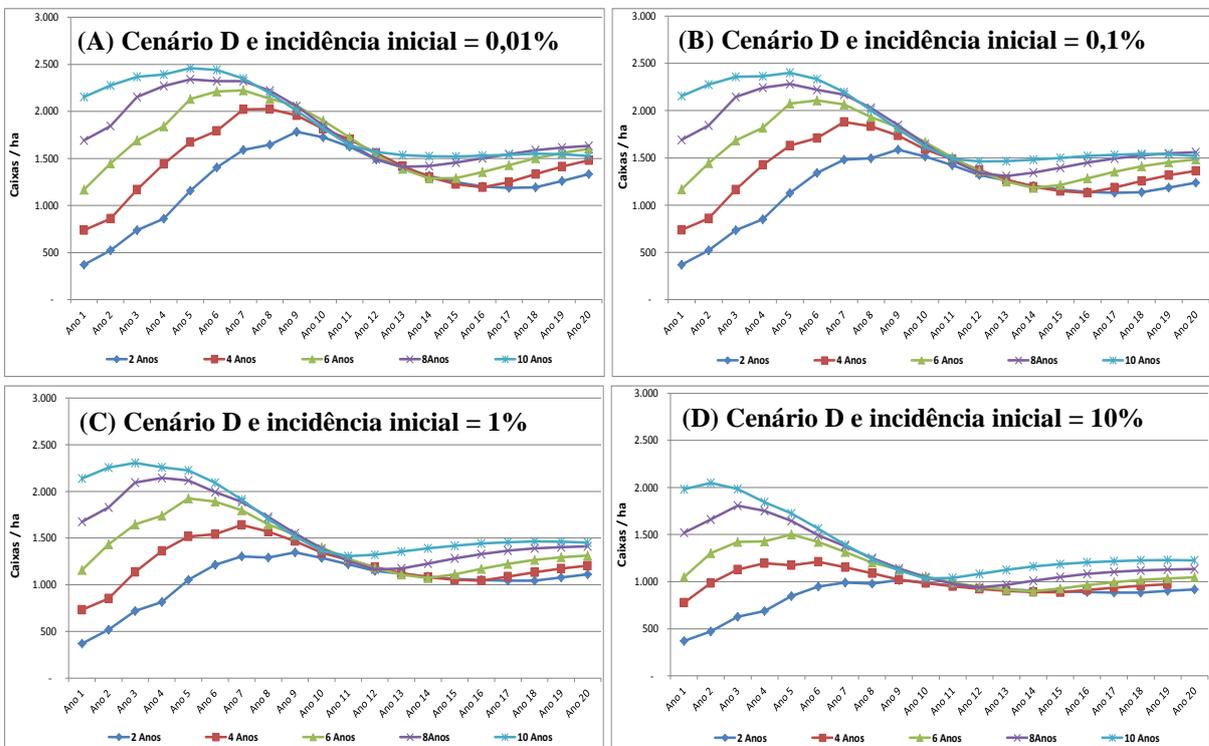


Figura 8. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com 2, 4, 6, 8 e 10 anos de idade no início da epidemia de HLB, manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário D) e em quatro incidências iniciais de plantas com sintomas (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

No cenário sem manejo da doença (Cenário B), observou-se que quanto mais jovem o pomar no início da epidemia, menor foi o tempo para que a produtividade do pomar doente ficasse pelo menos 10% abaixo da produtividade do pomar sadio (Figura 6, Tabela 4), se tornasse decrescente (Figura 6, Tabela 5) e ficasse abaixo de 1.000 caixas/ha (Figura 6, Tabela 6). Sem o manejo da doença, pomares com 2 a 6 anos, quando as primeiras plantas sintomáticas apareceram, levaram entre 1 a 4 anos, dependendo da incidência inicial da doença, para terem sua produtividade reduzida em pelos menos 10% da produtividade de um pomar sadio na mesma idade, enquanto que pomares de 8 ou mais anos no início da epidemia levaram de 3 a 7 anos, dependendo da incidência inicial de plantas com HLB (Figura 6, Tabela 4). Mesmo sem o manejo da doença, levou-se de 2 a 3 anos para que a produtividade do pomar afetado aos 2 anos de idade começasse a ser decrescente, enquanto que em pomares de 6 a 10 anos levou 3 a 5 anos após o início da epidemia para se notar a inflexão na curva de produtividade (Figura 6, Tabela 5). Ressalta-se que na ausência de controle do HLB, pomares cuja epidemia iniciou-se aos 2 anos de idade, para todas incidências iniciais de doença, e aos 4 anos com incidência inicial de 10% nunca atingiram produtividades futuras iguais ou acima de 1.000 caixas/ha, enquanto que em pomares de 8 ou mais anos, para todas incidências iniciais de doença, levou-se mais de 7 anos para que a produtividade caísse abaixo deste patamar (Figura 6, Tabela 6).

Da mesma forma, no cenário apenas com o controle do psilídeo (Cenário C), observou-se também que quanto mais jovem o pomar no início da epidemia menor foi o tempo para que a produtividade do pomar doente ficasse pelo menos 10% abaixo da produtividade do pomar sadio (Figura 7, Tabela 4) e abaixo de 1.000 caixas/ha (Figura 7, Tabela 6). Dependendo da incidência inicial de plantas sintomáticas, o tempo para que a produção do pomar doente ficasse pelo menos 10% menor que do pomar sadio variou de 1 a 6 anos em pomares de 2 anos no início da epidemia, de 1 a 7 anos em pomares de 4 anos, de 1 a 8 anos em pomares de 6 anos, de 3 a 8 anos em pomares de 8 anos e de 4 a 9 anos em pomares de 10 anos (Figura 7, Tabela 4). O tempo após o início da epidemia para que a produtividade ficasse abaixo de 1.000 caixas/ha variou de 0 a 12 anos em pomar com 2 anos de idade, e de 8 a 14 anos em pomar com 6 ou mais anos de idade (Figura 7, Tabela 6). Entretanto, nos pomares mais jovens, maior foi o tempo para que a produtividade do pomar doente se tornasse decrescente (Figura 7, Tabela 5). O ponto de inflexão na curva de produtividade futura do pomar com 2 anos no início da epidemia foi observado entre 6 a 9 anos após a primeira planta com sintomas, enquanto que para pomares com 6 anos de idade

ocorreu entre 5 a 7 anos após o início da epidemia, e para pomares com 10 anos, entre 3 e 6 anos após o início da epidemia (Figura 7, Tabela 5).

No cenário de controle completo da doença (Cenário D), para uma mesma incidência inicial de doença, o tempo para que a produtividade do pomar doente ficasse 10% abaixo do pomar sadio praticamente foi o mesmo nas diferentes idades de pomar no início da epidemia (Figura 8, Tabela 4). O tempo para que a curva de produtividade se tornasse decrescente foi menor à medida que a idade do pomar no início da epidemia era maior. O ponto de inflexão da curva de produtividade foi em torno de 9 anos para pomar de 2 anos de idade no início da epidemia, entre 7 e 8 anos para pomares de 4 anos, entre 5 e 7 anos para pomares de 6 anos, entre 3 e 7 anos para pomares de 8 anos e entre 2 e 5 anos para pomares de 10 anos (Figura 8, Tabela 5). Ressalta-se que com a erradicação de plantas sintomáticas e controle do vetor, para todas as idades de pomares e incidências da doença no início da epidemia, exceto para pomares de 2 e 4 anos com incidência inicial de 10% de plantas com sintomas de HLB, a produtividade futura do pomar não ficou abaixo de 1.000 caixas/ha durante o período simulado de 20 anos (Figura 8, Tabela 6).

3.3 Comparação das curvas de produtividade esperada no horizonte de 20 anos após o início da epidemia em função da incidência inicial dentro de cada combinação cenário de manejo- idade do pomar no início da epidemia

Nas Figuras de 9 a 11 são apresentados conjuntos de gráficos com as curvas das estimativas de produtividade do pomar (caixas/ha) ao longo do horizonte de 20 anos para as diferentes incidências iniciais da doença (0,001; 0,01; 0,1; 1 e 10%) para as simulações dos três cenários de manejo da doença nas diferentes idades de pomar a partir do início da epidemia. Cada figura refere-se a um cenário de manejo da doença (Fig. 9 = Cenário B - pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; Fig.10 = Cenário C - pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; e Fig.11 = Cenário D - pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor) e cada um dos gráficos na figura refere-se a uma idade de pomar no início da epidemia doença (A = 2 anos, B = 4 anos, C = 6 anos, D = 8 anos e E = 10 anos).

De maneira geral, para um mesmo cenário de manejo da doença e idade do pomar no início da epidemia, quanto maior a incidência inicial de doença mais rápido e maior o impacto da doença na produtividade futura deste pomar (Figuras 9, 10 e 11). Quanto maior a incidência inicial de plantas com sintomas de HLB menor foi o tempo para que a produtividade do pomar doente ficasse pelo menos 10% abaixo da produtividade do pomar

sadio (Tabela 4), menor foi o tempo para que a produtividade do pomar doente se tornasse decrescente (Tabela 5) e menor foi o tempo para que a produtividade do pomar ficasse abaixo do limite aceitável de 1.000 caixas/ha (Tabela 6).

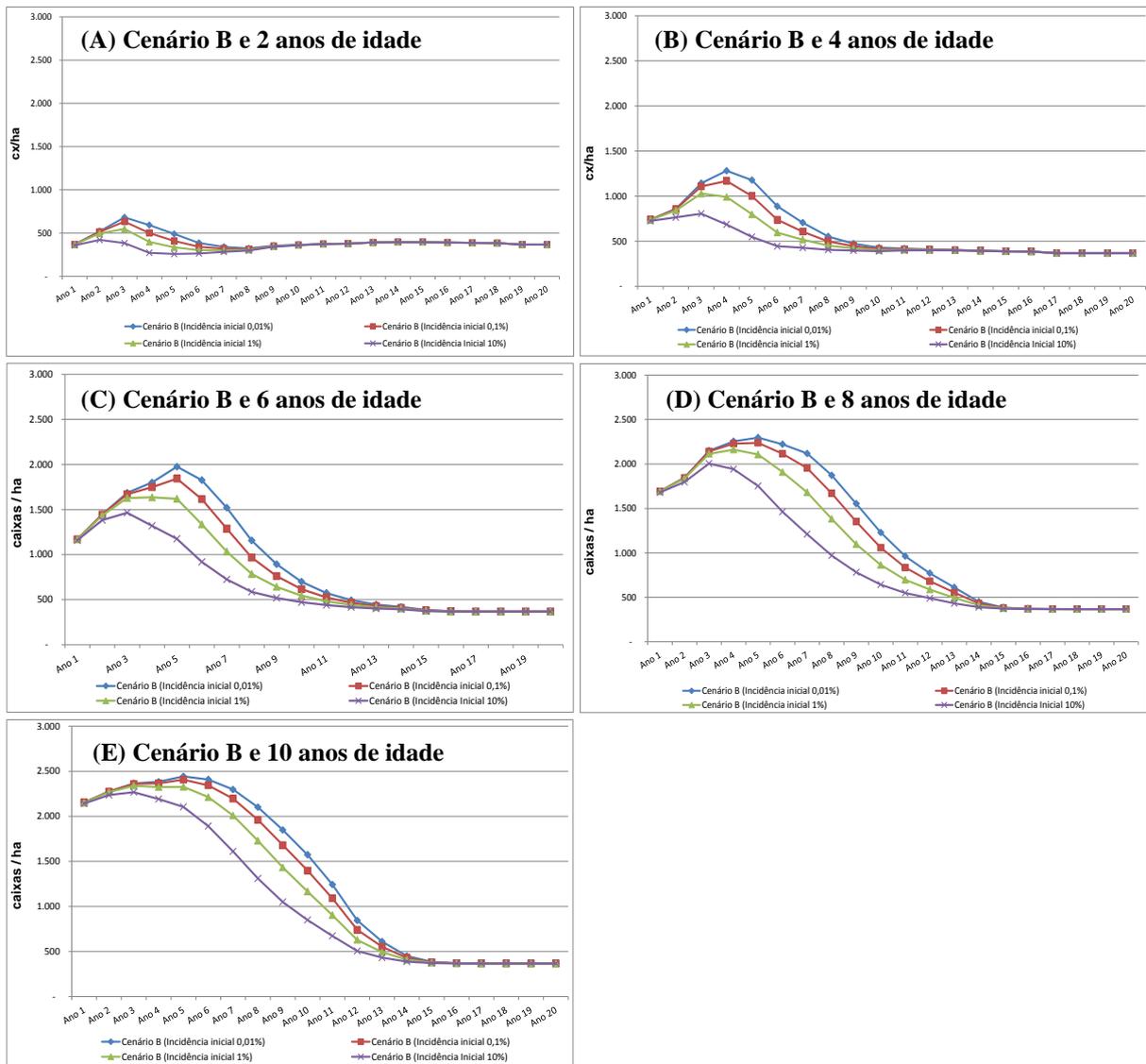


Figura 9. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com diferentes incidências iniciais de plantas com sintomas de HLB (0,01%; 0,1%; 1% e 10%), manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor (Cenário B) e em cinco idades no início da epidemia da doença. Simulações ao longo de 20 anos.

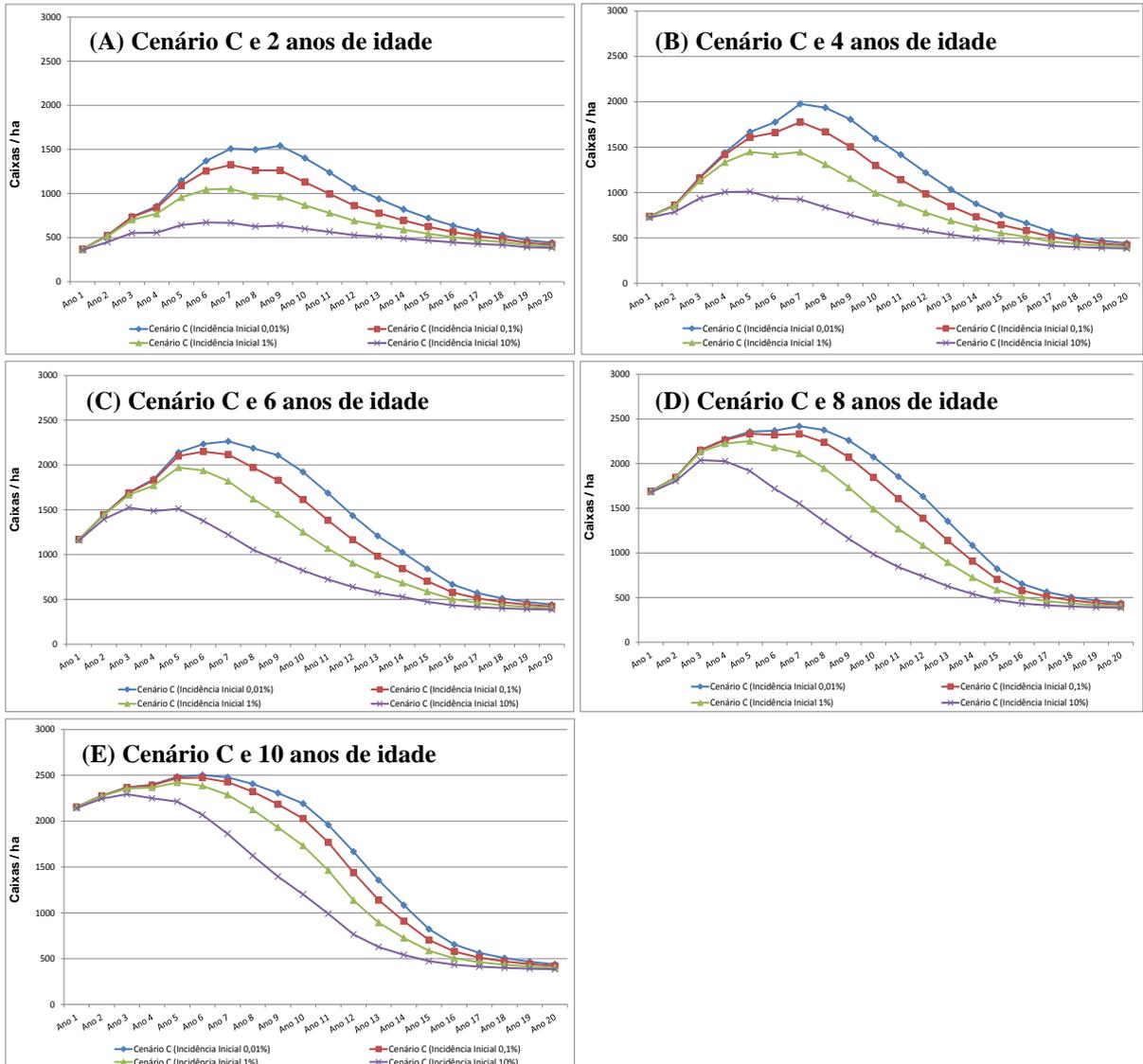


Figura 10. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com diferentes incidências iniciais de plantas com sintomas de HLB (0,01%; 0,1%; 1% e 10%), manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário C) e em cinco idades no início da epidemia da doença. Simulações ao longo de 20 anos.

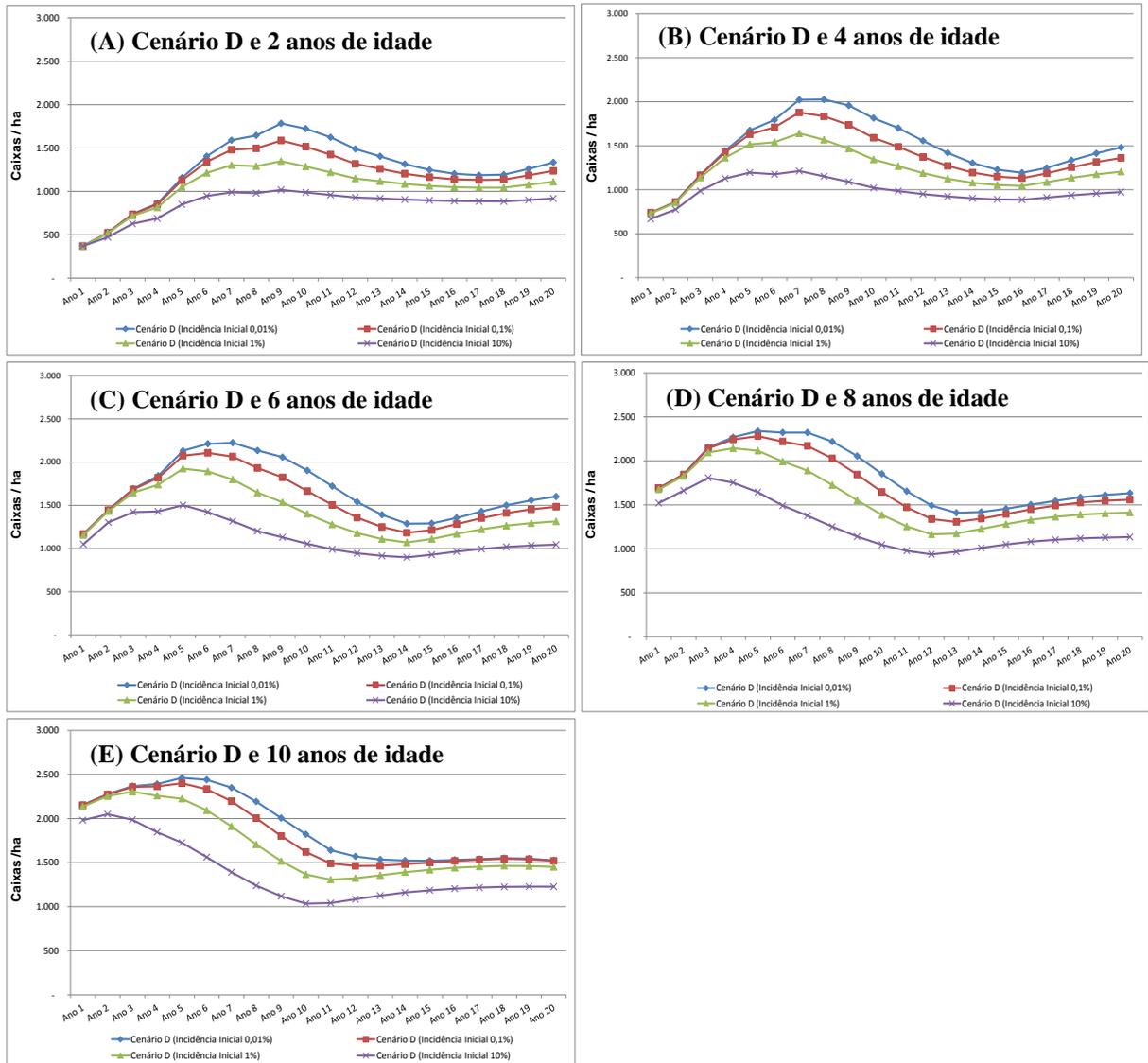


Figura 11. Curvas de produtividade esperada de pomares cítricos com diferentes incidências iniciais de plantas com sintomas de HLB (0,01%; 0,1%; 1% e 10%), manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor (Cenário D) e em cinco idades no início da epidemia da doença. Simulações ao longo de 20 anos.

3.4 Comparação das produtividades médias no curto, médio e longo prazo em função do cenário de manejo, idade do pomar e incidência no início da epidemia

Independente do cenário de manejo da doença, da incidência inicial de plantas sintomáticas e da idade do pomar no momento de aparecimento da doença, a presença da doença resultou numa produtividade média menor em relação à produtividade média do pomar sadio em todos os períodos simulados (Tabela 7).

No curto prazo (primeiros 5 anos do início da epidemia), para os pomares com de 2 anos no início da epidemia a produtividade média foi menor que 1.000 caixas/ha para todos os cenários de manejo (inclusive no pomar sadio) e incidências da doença. Nos pomares com 4 anos no início da epidemia, produtividades médias abaixo de 1.000 caixas/ha no curto prazo

foram obtidas para o Cenário B com incidências iniciais iguais e superiores a 0,1% e para os Cenários C e D com incidências iniciais de 10%. Nas idades de pomar no início da epidemia iguais ou maiores que 6 anos, no curto prazo, as produtividades médias foram sempre superiores a 1.000 caixas/ha, com mínimo de 1.300 caixas/ha no Cenário B, 6 anos de idade e 10% de incidência inicial e máximo de 2.336 caixas/ha no Cenário C, 10 anos de idade e 0,01% de incidência inicial (Tabela 7).

No médio prazo (primeiros 10 e 15 anos do início da epidemia), produtividades médias inferiores a 1.000 caixas/ha foram observadas apenas para as seguintes combinações idade no início da epidemia/cenário de manejo/incidência inicial: 2 anos/B/0,01 a 10%; 2 anos/C/0,1 a 10%; 2 anos/D/1 (só para 10 anos) e 10%; 4 anos/B/0,01 a 10%; 4 anos/C/10%; 6 anos/B/1% (só para 15 anos); e 6 anos/B/10% (Tabela 7).

No longo prazo (primeiros 20 anos do início da epidemia), produtividades médias inferiores a 1.000 caixas/ha foram obtidas para as seguintes combinações idade no início da epidemia/cenário de manejo/incidência inicial: 2 anos/B/0,01 a 10%; 2 anos/C/0,01 a 10%; 2 anos/D/10%; 4 anos/B/0,01 a 10%; 4 anos/C/1 e 10%; 4 anos/D/10%; 6 anos/B/0,01 a 10%; 6 anos/C/10%; e 8 anos/B/10% (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividades médias (caixas/ha) esperadas no curto, médio e longo prazo após o início da epidemia de HLB em função dos cenários de manejo da doença, idade do pomar no início da epidemia e incidência inicial de plantas sintomáticas.

Idade do pomar (Anos)	Incidência inicial (%)	Cenários de manejo*	Período após início da epidemia de HLB			
			Ano 1 ao 5	Ano 1 ao 10	Ano 1 ao 15	Ano 1 ao 20
2	Sadio	A	732	1.307	1.692	1.872
		B	531	443	424	413
		C	726	1.095	1.048	919
		D	729	1.179	1.258	1.253
	0,01	B	486	412	404	398
		C	710	979	916	808
		D	721	1.102	1.160	1.161
		B	429	376	380	380
	0,1	C	662	822	764	685
		D	694	992	1.037	1.044
		B	340	325	345	354
		C	512	576	555	519
1	D	601	792	836	850	
	A	1.181	1.695	1.962	2.061	
	B	1.040	825	684	606	
	C	1.175	1.496	1.351	1.146	
4	0,01	D	1.177	1.550	1.514	1.469
		B	974	757	638	571
		C	1.157	1.369	1.203	1.023
		D	1.164	1.457	1.403	1.364
	0,1	B	879	678	585	531
		C	1.100	1.182	1.023	879
		D	1.120	1.316	1.258	1.226
		B	706	559	504	471
	1	C	893	859	753	667
		D	950	1.040	1.004	986
		A	1.661	2.036	2.175	2.215
		B	1.615	1.417	1.099	916
6	0,01	C	1.658	1.900	1.680	1.393
		D	1.655	1.881	1.736	1.674
		B	1.574	1.312	1.022	858
		C	1.646	1.791	1.532	1.270
	0,1	D	1.638	1.778	1.619	1.563
		B	1.497	1.182	929	789
		C	1.603	1.610	1.341	1.117
		D	1.580	1.617	1.461	1.409
	1	B	1.300	972	783	679
		C	1.415	1.248	1.028	872
		D	1.340	1.282	1.167	1.128
		A	2.067	2.276	2.312	2.318
8	0,01	B	2.048	1.923	1.494	1.213
		C	2.064	2.182	1.904	1.560
		D	2.059	2.107	1.900	1.819
		B	2.029	1.830	1.412	1.151
	0,1	C	2.057	2.110	1.790	1.463
		D	2.041	2.011	1.798	1.727
		B	1.982	1.684	1.294	1.062
		C	2.028	1.961	1.611	1.319
	1	D	1.971	1.840	1.633	1.570
		B	1.835	1.424	1.098	916
		C	1.894	1.624	1.297	1.074
		D	1.677	1.469	1.309	1.260
10	0,01	A	2.338	2.414	2.388	2.375
		B	2.325	2.185	1.692	1.361
		C	2.336	2.356	2.030	1.654
		D	2.330	2.246	2.017	1.897
	0,1	B	2.312	2.114	1.622	1.309
		C	2.331	2.309	1.936	1.573
		D	2.310	2.150	1.927	1.828
		B	2.283	1.996	1.518	1.231
	1	C	2.313	2.203	1.789	1.452
		D	2.236	1.977	1.771	1.692
		B	2.188	1.765	1.335	1.093
		C	2.228	1.929	1.512	1.236
10	D	1.917	1.593	1.435	1.382	

*Cenários de manejo de HLB: A – Pomar sadio; B – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do inseto vetor; C – Pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor; e D – Pomar com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do inseto vetor.

3.5 Comparação das diferenças das produtividades anuais e acumuladas no curto, médio e longo prazo entre os cenários com a presença da doença em função da idade do pomar e incidência no início da epidemia

Nas Figuras 12 a 16, são apresentadas as diferenças de produtividade entre os diferentes cenários de manejo adotados em cada ano de simulação, para pomares de 2 (Fig. 12), 4 (Fig. 13), 6 (Fig. 14), 8 (Fig. 15) e 10 anos de idade (Fig. 16) quando do aparecimento das primeiras plantas sintomáticas. Nestas figuras é possível quantificar os ganhos (valores positivos) ou perdas (valores negativos) anuais que se teria com cada medida de manejo adotada. Cada figura é composta de três gráficos: “A” - diferença de produtividade entre os pomares manejados com o Cenário D e o Cenário B avaliados nas quatro incidências iniciais; “B” - diferença de produtividade entre os pomares manejados com o Cenário D e o Cenário C nas quatro incidências iniciais; e “C” - diferença de produtividade entre os pomares manejados com o Cenário C e Cenário B. No gráfico “A” é possível observar quais os ganhos ou perdas na produtividade decorrentes da erradicação de plantas e controle do inseto vetor em relação ao não manejo da doença. No gráfico “B” observam-se os ganhos ou perdas de produtividade decorrentes da erradicação de plantas com sintomas de HLB e replantio das plantas erradicadas em relação à ausência de erradicação e de replantio. No gráfico “C” se isolam os ganhos ou perdas de produtividade decorrentes do controle do inseto vetor em relação ao não controle do vetor.

Para pomar com 2 anos de idade no início da epidemia (Figura 12A), não observou-se ganhos ou perdas significativas com a adoção do manejo completo nos dois primeiros anos da simulação para todas as incidências iniciais de HLB. Entretanto, a partir do Ano 3, observou-se ganhos na adoção do manejo completo do HLB em relação ao não manejo nas diferentes incidências iniciais. Estes ganhos foram crescentes até o sétimo e nono ano, quando decresceram um pouco até o Ano 15 e ficaram mais ou menos estáveis em torno de 500 caixas/ha/ano para 10% de incidência inicial e em torno de 900 caixas/ha/ano para 0,01% de incidência inicial. Até o Ano 4, os ganhos da adoção do manejo completo foram maiores para as maiores incidências iniciais, embora em menor magnitude. A partir do Ano 6, as curvas se distanciaram mais e o padrão se inverteu, sendo que para as maiores incidências iniciais os ganhos de produtividade com o manejo completo foram menores.

Nesta idade de pomar no início da epidemia, as diferenças de produtividade entre o Cenário D e Cenário C (Figura 12B), nas quatro incidências iniciais, mostraram sempre ganhos crescentes de produção conseguidos com a erradicação de plantas sintomáticas e o replantio no ano seguinte, desde que mantido o controle do vetor. Essa figura é importante,

pois se pode analisar se as quantidades de caixas/ha que se produziram a mais com a erradicação de plantas e replantio compensariam os gastos com este manejo, ou se seria economicamente melhor realizar somente o controle do inseto vetor. Até o Ano 11, quanto maior a incidência inicial, maior foi o ganho obtido com a erradicação e o replantio. Porém após o Ano 11 a situação se inverteu.

Os ganhos da adoção apenas do controle do inseto vetor em relação ao não manejo da doença para pomares com 2 anos no início da epidemia (Figura 12C) foram crescentes até o sexto ou nono ano de epidemia, com pico mais cedo para incidência inicial maior, e depois foram sempre decrescentes, porém positivos por toda a simulação. O ganho máximo com o controle apenas do vetor foi de 400 caixas/ha e 1.200 caixas/ha respectivamente para as incidências iniciais de 10 e 0,01%. A partir do Ano 4, quanto maior a incidência inicial, menores foram os ganhos obtidos com a adoção apenas do controle do inseto vetor.

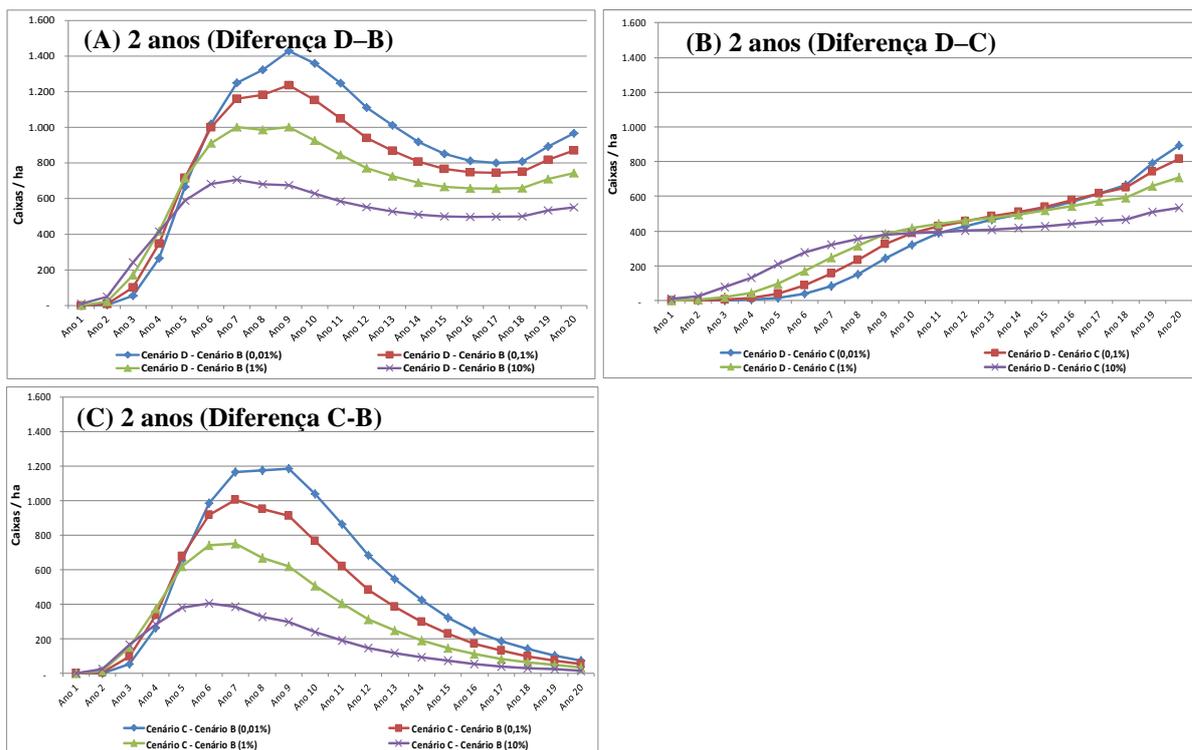


Figura 12. Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 2 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor, Cenário C - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e Cenário D - pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

Para pomares com 4 anos no início da epidemia, (Figura 13A), as curvas das diferenças de produtividade entre Cenário D e Cenário B apresentaram ganhos crescentes a partir do Ano 3, atingindo o pico no Ano 7 e 9, respectivamente para 0,01% e 10% de incidência inicial. Após o pico os ganhos se tornaram decrescentes, mas ainda positivos, se mantendo acima das 500 caixas/ha/ano para 10% de incidência inicial e em torno de 800 caixas/ha/ano para 0,01% de incidência inicial. Somente no Ano 1, pomar com incidência inicial de 10%, sem qualquer medida de manejo da doença produziria mais que um pomar manejado com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor. Até o Ano 5 as diferenças observadas entre as diferentes incidências iniciais de doença foram pequenas e os ganhos foram maiores para as incidências maiores. A partir do Ano 6 começou-se observar maiores diferenças entre as incidências iniciais, e assim como para pomares de 2 anos no início da epidemia, para incidências iniciais maiores os ganhos foram menores.

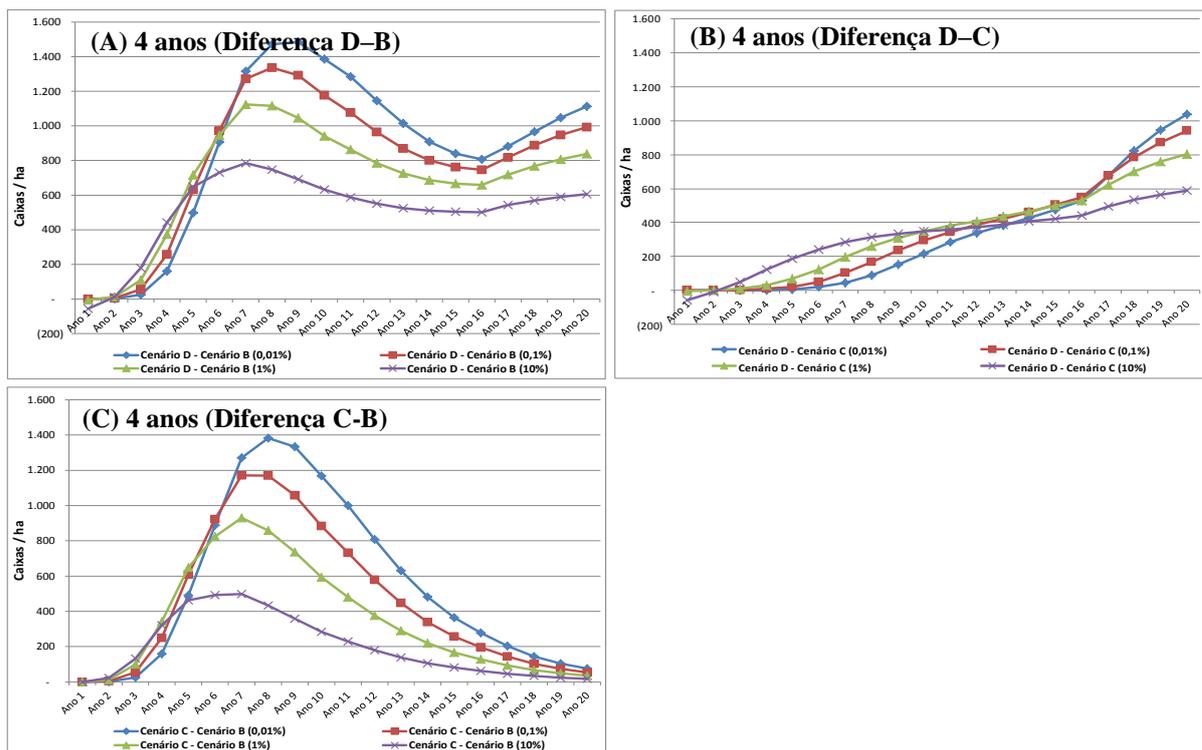


Figura 13. Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 4 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor, Cenário C - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e Cenário D - pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

Os ganhos de produção entre o Cenário D e Cenário C para pomares com 4 anos no início da epidemia (Figura 13B) são sempre crescentes, porém não se mostram muito interessantes do ponto de vista econômico, em curto e médio prazo, sendo menor que 200 caixas/ha/ano nos primeiros cinco anos da simulação e menor que 500 caixas/ha/ano nos 15 primeiros anos. Até o Ano 11, com exceção dos dois primeiros anos, quanto maior a incidência inicial maior foi o ganho da erradicação e replantio em relação ao cenário sem erradicação e replantio. Depois do Ano 12 a situação se inverteu.

Com relação aos ganhos atribuídos ao controle do vetor em relação ao não controle do vetor nos pomares com 4 anos no início da epidemia (Figura 13C), o comportamento das curvas foi semelhante ao observado para o pomar com 2 anos de idade. Até o Ano 2 o controle apenas do vetor não proporcionou ganhos significativos em relação à ausência de controle do vetor, mas a partir deste do Ano 3 os ganhos do controle do vetor foram crescentes até o Ano 7 ou 8, com pouca diferença entre as incidências até o ano 5, quando a partir de então as curvas começaram a apresentar diferenças maiores entre as incidências (ganhos maiores para incidências menores). O ganho máximo com o controle apenas do vetor foi de 500 caixas/ha e 1.400 caixas/ha respectivamente para as incidências iniciais de 10 e 0,01%. Após o Ano 8, os ganhos se tornaram decrescentes, praticamente se igualando a partir do Ano 15 da simulação.

Para pomares com 6 anos no início da epidemia, (Figura 14A), as curvas das diferenças de produtividade entre Cenário D e Cenário B apresentaram ganhos somente crescentes a partir do Ano 4, indicando que o manejo integral do HLB no curto prazo não seria viável. Os ganhos crescentes atingiram o pico no Ano 8 e 10, respectivamente para 0,01% e 10% de incidência inicial, após o qual os ganhos reduziram um pouco, mas logo voltaram a crescer, se mantendo acima de 600 caixas/ha/ano para 10% de incidência inicial e acima de 1.000 caixas/ha/ano para 0,01% de incidência inicial nos últimos cinco anos da simulação. Até o Ano 3, pomar com incidência inicial de 10%, sem qualquer medida de manejo da doença produziria mais que um pomar manejado com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor. Até o Ano 6, as diferenças observadas entre as diferentes incidências iniciais de doença foram pequenas e os ganhos foram maiores para as incidências maiores. A partir do Ano 7 começou-se observar maiores diferenças entre as incidências iniciais, sendo maiores os ganhos para as incidências iniciais menores.

Os ganhos de produtividade anual da adoção do Cenário D em relação ao Cenário C para pomares com 6 anos no início da epidemia (Figura 14B) só foram observados a partir dos Anos 6, 8, 10 e 11, respectivamente, para as incidências iniciais de 10, 1, 0,01 e 0,001%. No

curto prazo, as diferenças são nulas para as três menores incidências iniciais, sendo que para 10% de incidência inicial o cenário com erradicação de plantas sintomáticas e controle do vetor produziria menos que o cenário apenas com o controle do vetor. Embora os ganhos tenham sido crescentes ao longo dos anos, até o Ano 15, em nenhum caso o ganho em produtividade com a erradicação de plantas doentes e replantio passou das 500 caixas/ha/ano. A partir do Ano 15, quanto maior a incidência inicial de HLB, menor foram os ganhos com a erradicação e replantio.

As diferenças entre Cenário C e Cenário B para pomares com 6 anos no início da epidemia (Figura 14C) mostram os ganhos crescentes em produtividade com controle do vetor a partir do Ano 3. Até o Ano 6 as diferenças entre os ganhos para as diferentes incidências iniciais foram pequenas. O ganho máximo com o controle apenas do vetor foi de 600 caixas/ha e 1.200 caixas/ha respectivamente para as incidências iniciais de 10 e 0,01%. A partir do Ano 7, para incidência inicial de 10%, e do Ano 10, para incidência inicial de 0,01%, os ganhos com apenas o controle do vetor passam a ser decrescentes, mas sempre positivos e maiores para incidência iniciais menores. Ao final de 20 anos os ganhos foram praticamente nulos.

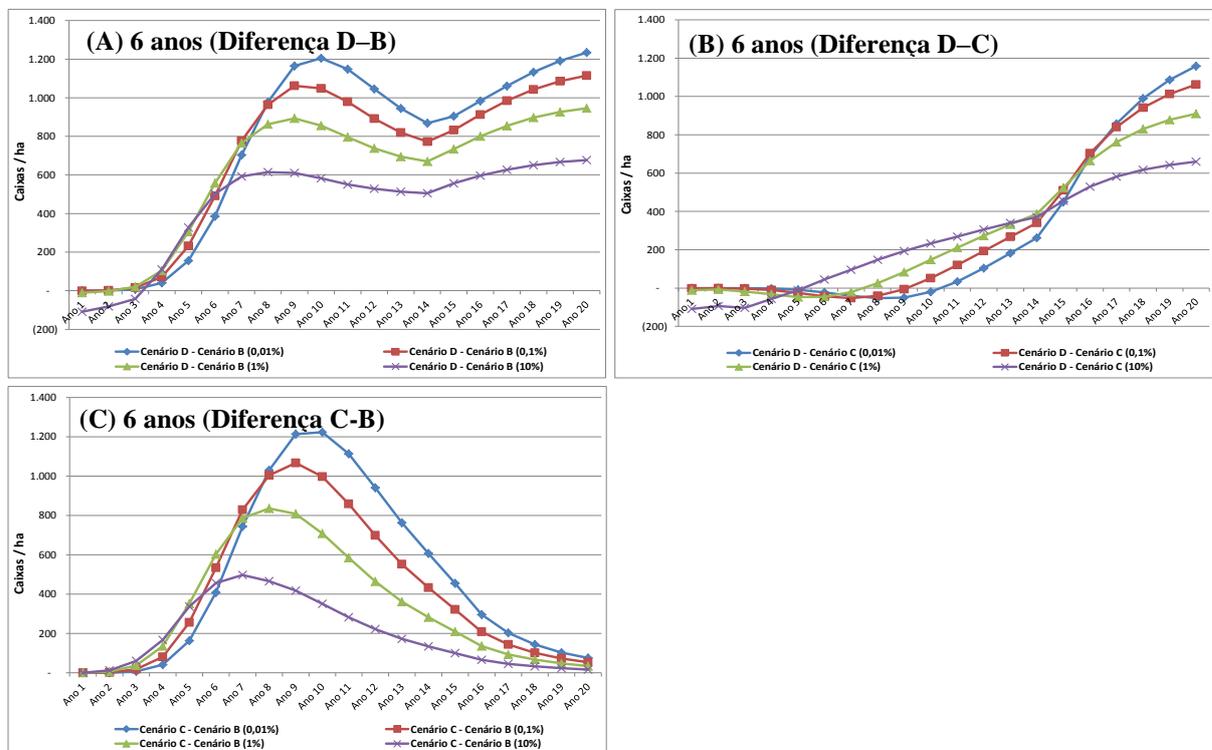


Figura 14. Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 6 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor, Cenário C - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e Cenário D - pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

Pomar de 8 anos no aparecimento da doença, quando manejado conforme o Cenário D não apresentaram ganhos de produtividade em relação ao Cenário B até o Ano 6, pois em incidência inicial de 10% as diferenças foram negativas e para as outras incidências foram praticamente nulas (Figura 15A). A partir do Ano 7, os ganhos com o manejo integral da doença são crescentes até o final do período da simulação, sendo maiores para as incidências iniciais menores.

Os ganhos somente com a eliminação das plantas sintomáticas e replantio para pomar com 8 anos no início da epidemia são ainda menos expressivos (Figura 15B). Até o Ano 9, para incidência inicial de 10%, ou Ano 12, para incidência inicial de 0,01%, o pomar manejado com erradicação tem uma perda de produtividade imediata, porém com controle do vetor e sem erradicação as plantas doentes nesta idade já não apresentam acelerado progresso da severidade da doença e redução da sua produção. Assim, até o Ano 12, exceto para incidência de 10%, o manejo com o Cenário C seria mais interessante economicamente. A partir do Ano 13 a situação se inverte e os ganhos com a adoção do manejo integral são crescentes e as diferenças começam a ser mais evidentes, tornando necessária a valorização dos custos e receitas a fim de identificar-se o ponto de equilíbrio de manejo do pomar.

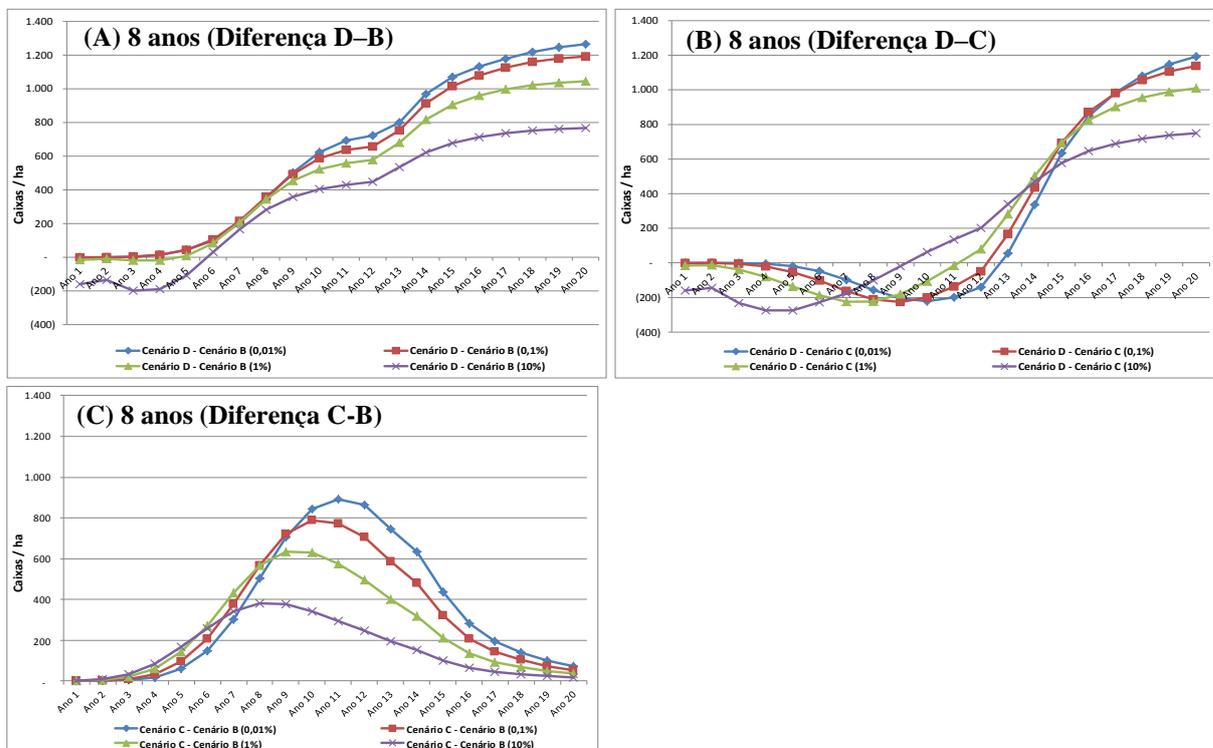


Figura 15. Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 8 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor, Cenário C - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e Cenário D - pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

As diferenças entre Cenário C e Cenário B para pomares com 8 anos no início da epidemia (Figura 15C) mostram os ganhos crescentes em produtividade com controle do vetor a partir do Ano 3. Até o Ano 7 as diferenças entre os ganhos para as diferentes incidências iniciais foram pequenas. O ganho máximo com o controle apenas do vetor foi de 400 caixas/ha e 900 caixas/ha respectivamente para as incidências iniciais de 10 e 0,01%. A partir do Ano 9, para incidência inicial de 10%, e do Ano 11, para incidência inicial de 0,01%, os ganhos com apenas o controle do vetor passam a ser decrescentes, mas sempre positivos e maiores para incidência iniciais menores.

Em pomar de 10 anos no início da epidemia observa-se a mesma tendência que pomares de 8 anos (Figura 16), porém com um período maior de perdas de produtividade inicial pela erradicação de plantas sintomáticas e um período maior para que sejam percebidos ganhos em produtividade com a adoção do manejo integral do HLB de acordo com a legislação vigente em relação ao pomar sem qualquer controle (Figura 16A). A adoção do manejo integral do HLB em relação ao não manejo da doença somente apresenta ganhos na produtividade a partir do Ano 9, para incidências iniciais de 10 e 1%, e Ano 8, para incidências de 0,1 e 0,01%.

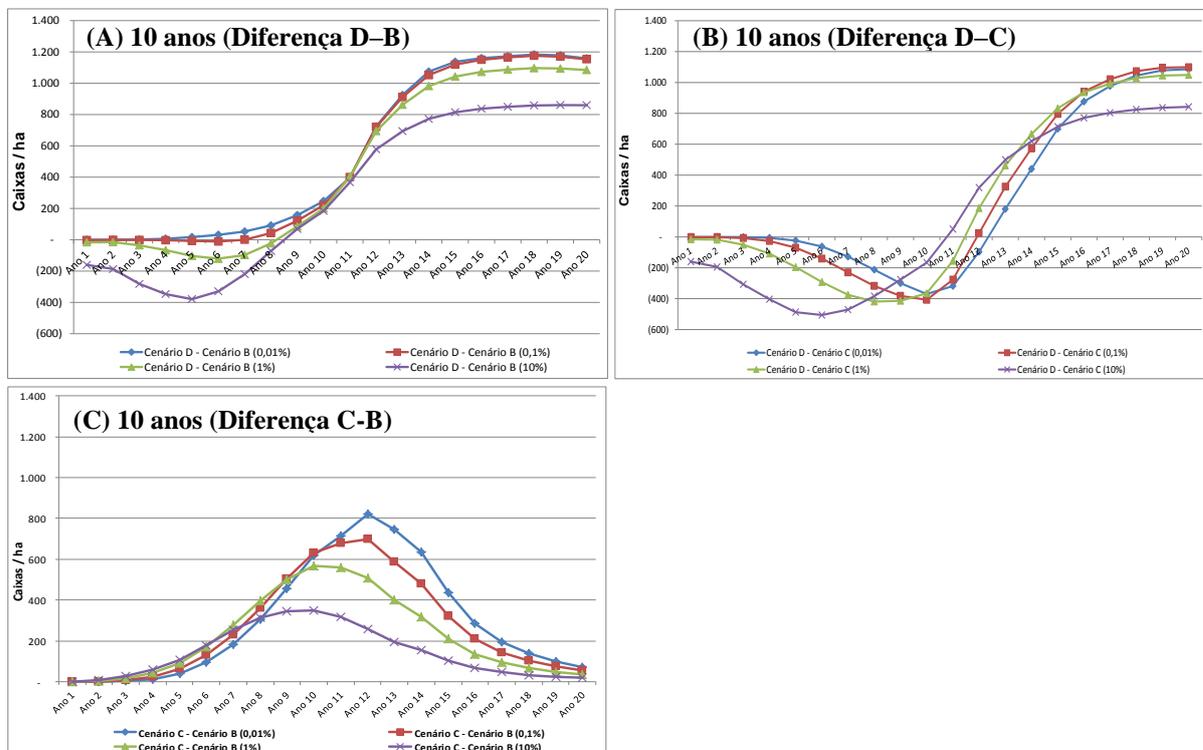


Figura 16. Diferenças de produtividade anual (caixas/ha) de pomares de 10 anos no início da epidemia de HLB entre diferentes cenários de manejo de HLB (Cenário B - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor, Cenário C - pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor, e Cenário D - pomares manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor) e diferentes incidências iniciais da doença (0,01%; 0,1%; 1% e 10%). Simulações ao longo de 20 anos.

A erradicação das plantas com sintomas de HLB em pomares com 10 anos no início da epidemia (Figura 16B) somente passaria a gerar ganho de produtividade após o Ano 11, para incidências iniciais de 10 e 1%, e Ano 12, para incidências de 0,1 e 0,01%.

Os ganhos com o controle apenas do vetor (Figura 16C) mostraram-se crescentes a partir do Ano 3 a 4. Até o Ano 8 as diferenças entre os ganhos para as diferentes incidências iniciais foram pequenas. O ganho máximo com o controle apenas do vetor foi menor que 400 caixas/ha e 800 caixas/ha, respectivamente, para as incidências iniciais de 10 e 0,01%. A partir do Ano 10, para incidência inicial de 10%, e do Ano 12, para incidência inicial de 0,01%, os ganhos com apenas o controle do vetor passam a ser decrescentes, mas sempre positivos e maiores para incidências iniciais menores.

Nas Figuras 17 a 21 observam-se as produtividades acumuladas no curto, médio e longo prazo dos Cenários B e C em relação ao Cenário D para as diferentes idades de pomares e incidências da doença no início da epidemia. O Cenário D foi tomado como referência, pois é o manejo que deveria ser adotado por todos os produtores de acordo com a legislação vigente (IN53). Em geral, para todas as incidências iniciais de HLB e horizontes temporais, quanto mais velho o pomar no início da epidemia, menores foram os ganhos de produtividade acumulados (ou maiores foram as perdas de produtividade acumuladas) com a adoção do manejo integral do HLB (Cenário D) em relação ao manejo apenas com o controle do vetor (Cenário C) ou ausência de manejo (Cenário B) (Figuras 17 a 21).

Também se observou que, em geral, os ganhos de produtividade acumulados com a adoção da erradicação de plantas sintomáticas e controle do vetor (Cenário D) em relação ao não manejo da doença (Cenário B) foram sempre maiores que os ganhos de produtividade acumulados com a adoção do Cenário D em relação ao manejo apenas do inseto vetor (Cenário C), para todas as idades de pomar e incidências iniciais da doença em curto, médio e longo prazo (Figuras 17 a 21).

Nos pomares mais jovens, com 2 e 4 anos, no início do aparecimento das primeiras plantas com sintomas de HLB, os ganhos acumulados em produtividade com a adoção do Cenário D em relação aos Cenários B e C foram sempre positivos em curto, médio e longo prazo em todas diferentes incidências iniciais da doença (Figuras 17 e 18). Com exceção do curto prazo, nos demais períodos, a diferença da produtividade acumulada do Cenário D para o Cenário B foi decrescente com o aumento da incidência inicial de HLB. O oposto foi observado para a diferença do Cenário D para o Cenário C, que foi crescente à medida que a incidência inicial foi aumentando, exceto para o longo prazo, no qual a incidência inicial teve pouco efeito nas diferenças de produtividade acumulada.

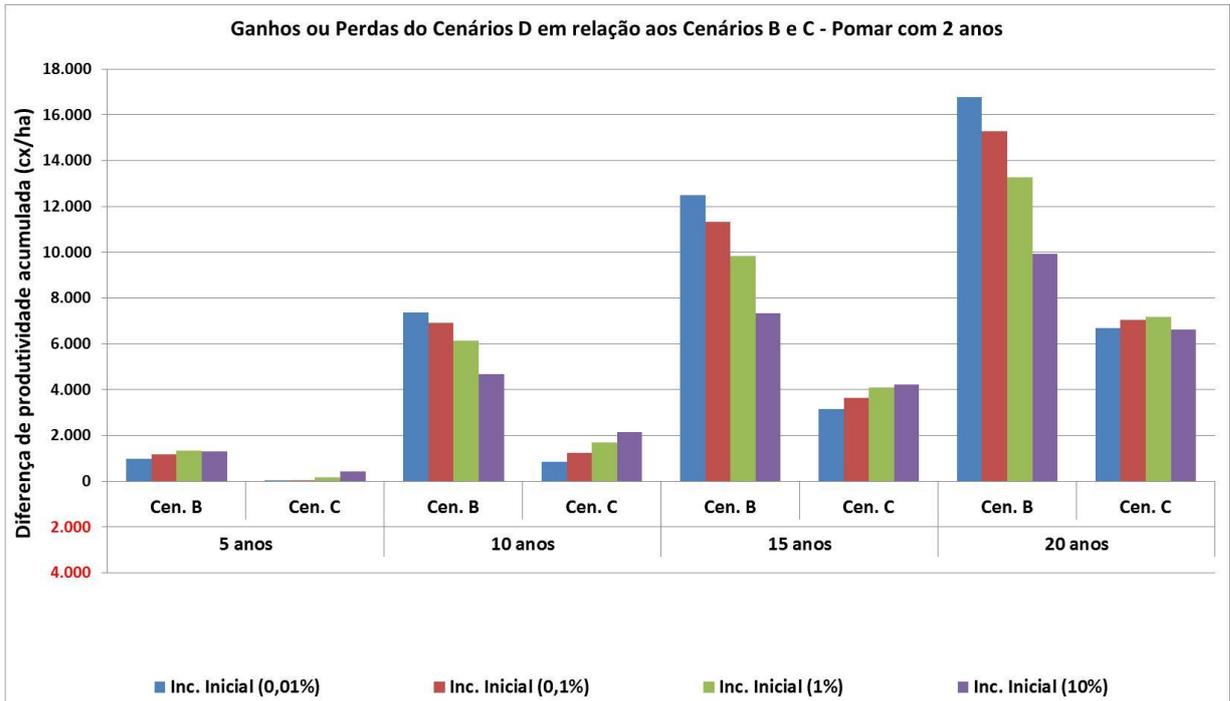


Figura 17. Diferença de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 2 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%.

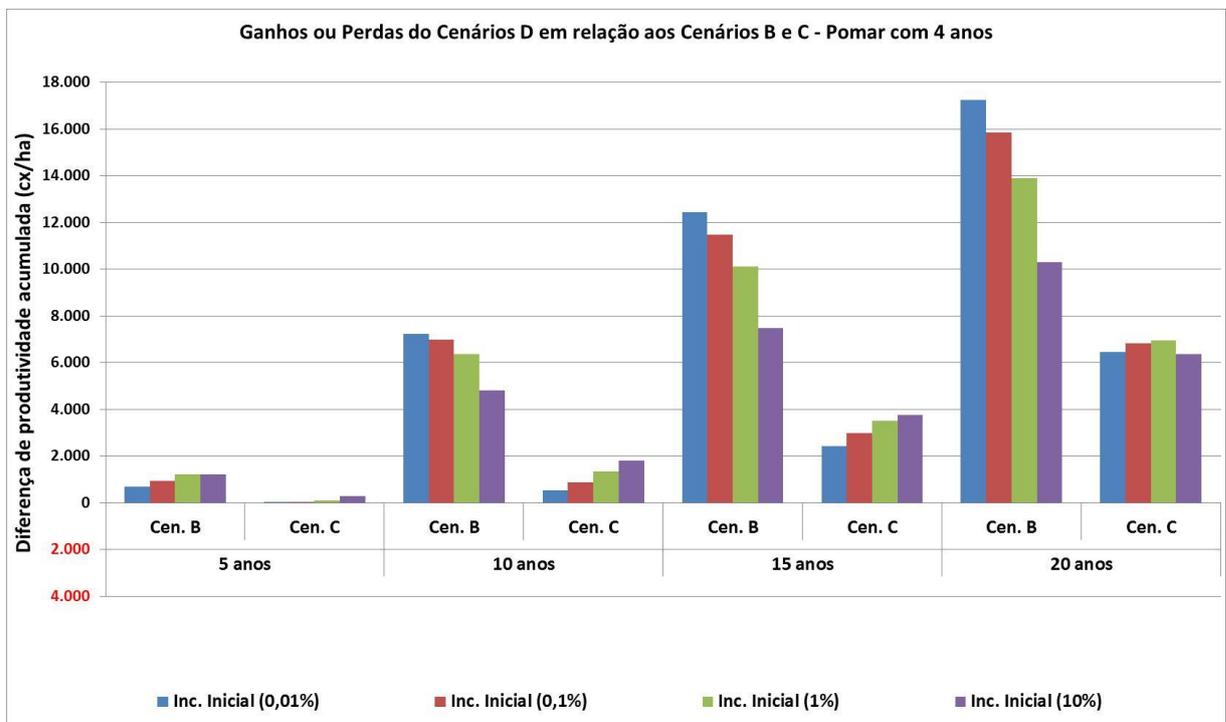


Figura 18. Diferença de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 4 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%.

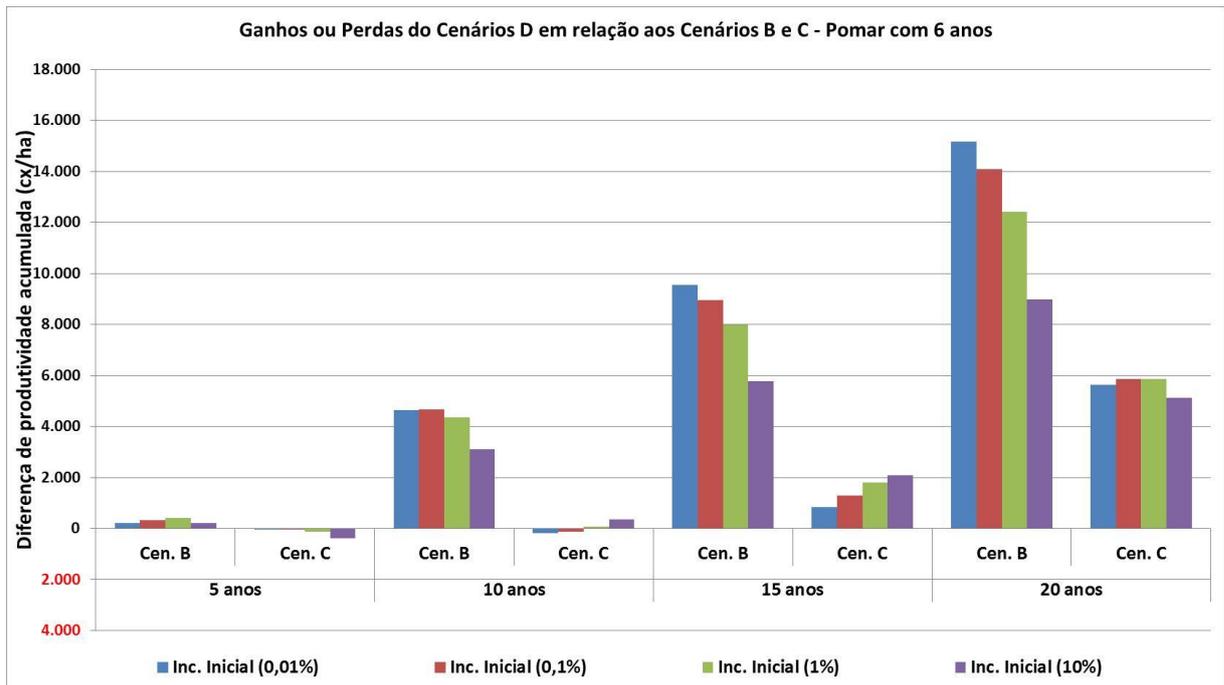


Figura 19. Diferença de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 6 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%.

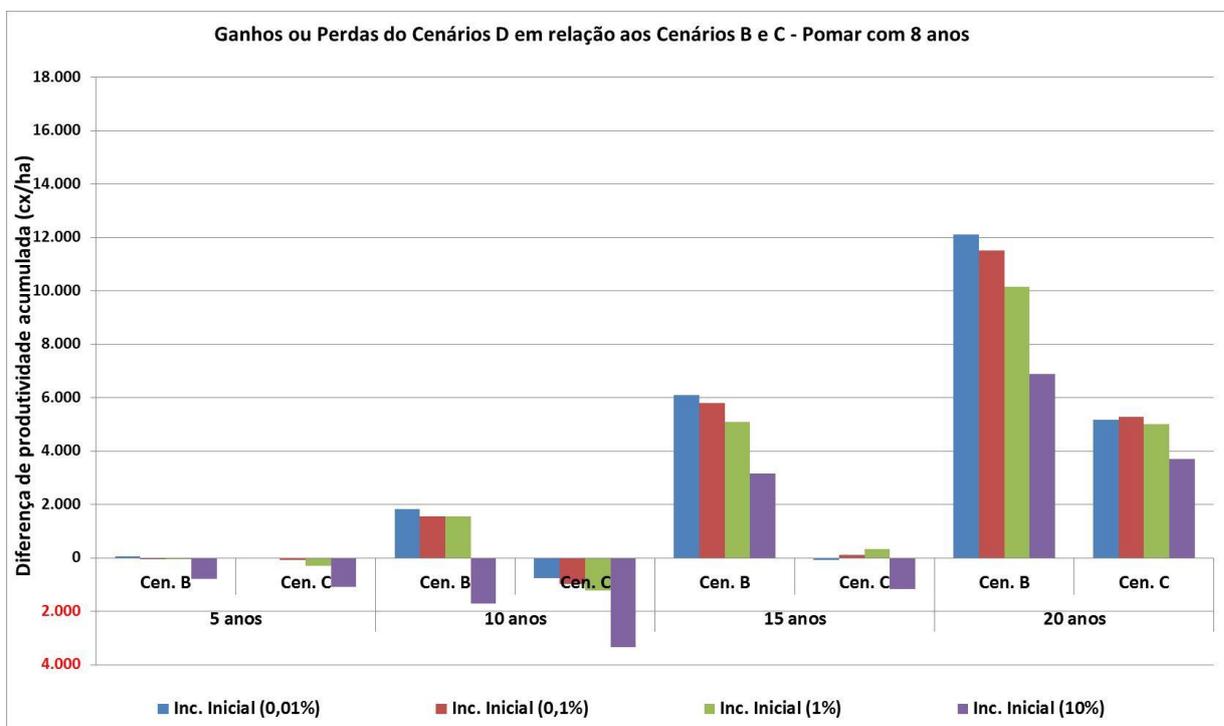


Figura 20. Diferença de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 8 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%.

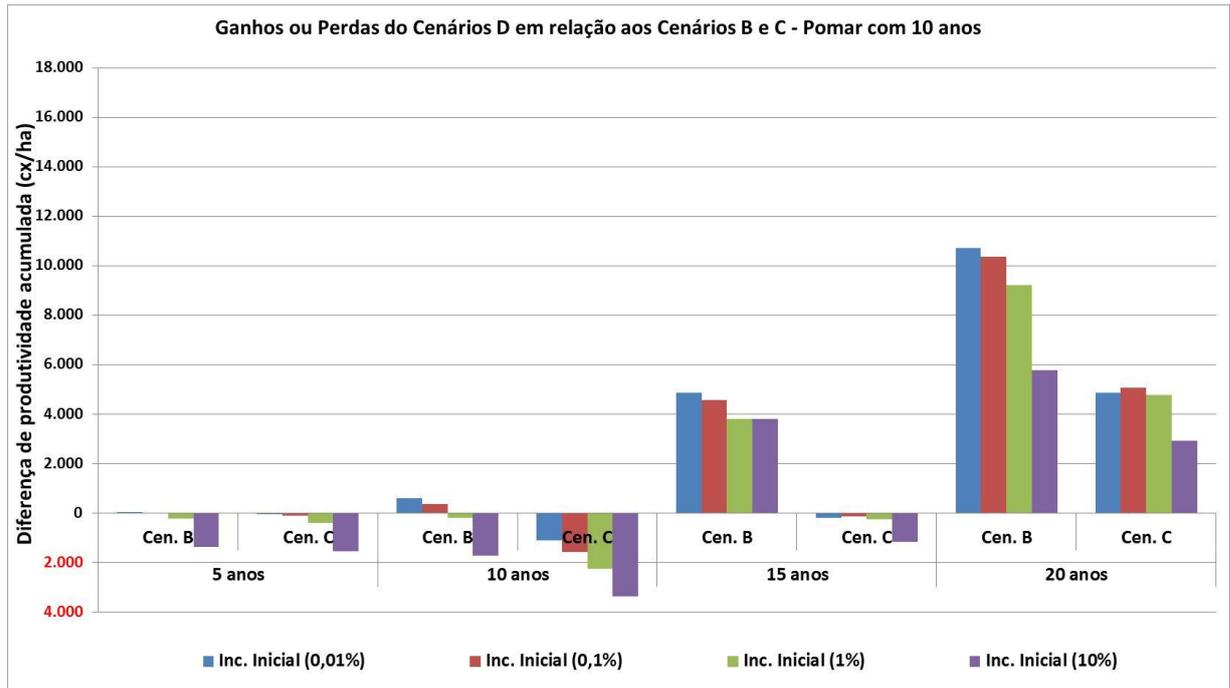


Figura 21. Diferença de produtividade acumuladas (caixas/ha) em 5, 10, 15 e 20 anos, de pomares de 10 anos manejados com erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário D) em relação a pomares manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e sem controle do vetor (Cenário B) e manejados sem erradicação de plantas sintomáticas e com controle do vetor (Cenário C), sob quatro diferentes incidências iniciais, 0,01%; 0,1%; 1% e 10%.

O mesmo padrão descrito acima também se repetiu para os pomares com 6 anos no início da epidemia (Figura 19). A adoção do manejo integral do HLB em relação à ausência de manejo da doença resultou em ganhos de produtividade acumulada para todos os períodos e incidências iniciais. Para os períodos de 15 e 20 anos, a adoção do manejo integral do HLB também resultou em ganhos de produtividade acumulada em relação ao controle apenas do vetor. Entretanto, a adoção do Cenário D resultou em ganhos quase nulos ou perdas de produtividade acumuladas em relação ao Cenário C nos primeiros 5 e 10 anos da simulação para todas as incidências iniciais, com exceção da incidência inicial de 10% no período de 10 anos.

Para pomares com 8 ou 10 anos no momento do aparecimento dos primeiros sintomas de HLB (Figuras 20 e 21), a adoção do Cenário D resultou em ganhos de produtividade acumulados em relação ao não manejo da doença do Cenário B apenas em médio e longo prazo (exceção para a incidência inicial de 10% no prazo de 10 anos para pomares com 8 e 10 anos no início da epidemia e incidência inicial de 1% no prazo de 10 anos para pomares com 10 anos no início da epidemia). Com relação ao manejo apenas do inseto vetor no Cenário C, a adoção do manejo integral da doença, adicionando-se a erradicação de plantas com sintomas e replantio, resultou em ganhos quase nulos ou perdas de produtividade acumuladas nos períodos de 5, 10 e 15 anos.

Com base nestes resultados, o próximo passo seria calcular a receita promovida por cada cenário de manejo do HLB, multiplicando-se os ganhos de produtividade acumulados pelos preços pagos ao produtor pela caixa de laranja, e calcular os gastos acumulados atribuídos à adoção das práticas de controle (erradicação de plantas sintomáticas, controle do vetor, replantio com mudas saudáveis).

4. DISCUSSÃO

O HLB é considerado a doença mais importante e destrutiva da citricultura mundial desde seus primeiros relatos (Bové, 2006; Gottwald et al., 2007a). O manejo da doença é baseado no plantio de mudas sadias, controle do inseto vetor e erradicação de plantas sintomáticas. Dados compilados dos informes da Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo indicam que o parque citrícola paulista já erradicou mais de 30,4 milhões de plantas do início de 2005 ao primeiro semestre de 2013 (R.B. Bassanezi - *baseado em comunicados da CDA na imprensa*) e, segundo dados dos levantamentos amostrais do Fundecitrus, a cada ano a incidência de plantas com sintomas de HLB no campo tem quase que duplicado (Fundecitrus, 2012).

O aumento do inóculo em pomares, comerciais e não comerciais, que não adotam as práticas recomendadas de manejo do HLB, tem levado invariavelmente ao aumento da incidência da doença em pomares cujos produtores continuam adotando todas as práticas recomendadas. Isto tem feito com que eles comecem a questionar sobre a viabilidade econômica das medidas de controle adotadas em algumas circunstâncias mesmo sabendo que, conforme comentaram Aubert (1992) e Roistacher (1996), quando o HLB se torna endêmico e não são adotadas medidas efetivas de controle das fontes de inóculo e do psílídeo vetor, o progresso da doença no pomar, assim como a evolução da severidade dos sintomas na área da copa, pode ser relativamente rápido reduzindo significativamente a vida econômica de pomares afetados para 7 a 10 anos após o plantio.

Segundo Neves et al. (2010), na citricultura, assim como em qualquer atividade econômica, diante das margens apertadas, é desejado o aumento da produtividade visando reduzir o custo de produção por caixa de laranja, buscando um pomar economicamente viável. Estes autores comentam que em 2009, 44% dos hectares plantados no cinturão apresentaram produtividade abaixo do necessário para ter renda (média de 280 caixas/ha), enquanto que os outros 56% dos hectares, produziram em média 909 caixas/ha. Assim, neste estudo considerou-se para que um pomar fosse rentável ele deveria ter uma produtividade média igual ou maior que 1.000 caixas/ha.

A viabilidade econômica da adoção de uma medida de manejo do HLB é resultado da análise benefício-custo da mesma, isto é, se as receitas resultantes da aplicação de determinada medida de controle forem superiores aos custos da sua aplicação será viável economicamente a aplicação de tal medida. O custo da adoção de determinada medida de controle é função do custo dos insumos (mudas para replantio, inseticidas, combustível para

moto-serra,...) e do custo das operações (replântio, pulverizações, inspeções e eliminação de plantas sintomáticas), os quais variam de acordo com a idade das plantas no pomar (volume de copa) e com a incidência de plantas a serem tratadas ou eliminadas. A incidência de plantas a serem eliminadas depende por sua vez da taxa de progresso da doença que depende da eficiência das medidas de controle adotadas na propriedade e na região em que está inserida. Por sua vez, os benefícios resultantes da aplicação de uma medida de controle, isto é, a receita adicional alcançada com a adoção da medida é função do valor econômico do produto no mercado e da perda de produtividade evitada com a aplicação da medida em questão. A perda de produtividade depende da produtividade do pomar (pomares mais produtivos conseguem manter produtividades em níveis aceitáveis por mais tempo), do progresso da severidade dos sintomas de HLB nas plantas infectadas e da eficiência das medidas de controle em evitar novas infecções ou retardar o progresso da severidade da doença nas plantas infectadas.

No caso do HLB, as novas infecções podem ter duas origens: infecções primárias oriundas de psilídeos infectivos migrantes que se desenvolveram fora do pomar manejado e infecções secundárias oriundas de psilídeos infectivos que adquiriram o patógeno do HLB no próprio pomar manejado (Gottwald et al., 2007, 2010). O controle do inseto vetor no pomar reduz eficientemente as infecções secundárias, pois impede a aquisição da bactéria pelo psilídeo em plantas infectadas e o desenvolvimento completo de ovo a adulto do psilídeo nestas plantas. Também evita parte das infecções primárias, mas não evita totalmente o progresso da incidência de plantas doentes contaminadas pelos psilídeos infectivos oriundos de pomares mal manejados ao redor da propriedade pela dificuldade de se ter uma boa cobertura e deposição de inseticidas permanentemente sobre as brotações em constante crescimento vegetativo. Por sua vez, a eliminação de plantas doentes apenas na propriedade manejada não tem efeito sobre as infecções primárias e apresenta efeito muito reduzido ou quase nulo sobre as infecções secundárias no caso de pomares que já tenham um eficiente controle do inseto vetor (Bassanezi et al., 2013a, b). Quanto ao progresso da severidade de doença nas plantas infectadas, ainda não se quantificou o efeito tanto da redução de inóculo como da redução da população de psilídeo sobre a severidade inicial e a taxa de progresso da severidade da doença. Estudos neste sentido devem ser realizados e os resultados incorporados ao aplicativo.

Diante do exposto, esta nova versão do aplicativo poderá ser uma ferramenta interessante para os produtores de citros na tomada de decisões sobre a continuidade ou mudança da adoção de práticas de manejo da doença em pomares comerciais a curto, médio e longo prazo em função da realidade do pomar estudado, levando em consideração a idade do

pomar, incidência inicial de plantas com sintomas da doença, taxa de progresso da incidência de plantas com sintomas em função das práticas utilizadas na fazenda, taxa de progresso da severidade da doença nas plantas afetadas e produtividade esperada para o pomar caso estivesse sadio.

Assumindo que as premissas e os parâmetros utilizados neste trabalho para simular as produtividades futuras de pomares em diferentes cenários de manejo de HLB são válidos, o aplicativo mostrou-se bastante sensível para indicar os efeitos de diferentes incidências iniciais de plantas com sintomas e de diferentes idades do pomar no início da epidemia em diferentes cenários de manejo da doença. De maneira geral, independente do cenário de manejo analisado, quanto maior foi a incidência inicial da doença e/ou mais jovem o pomar no início da epidemia, mais rápido foram observadas reduções na estimativa da produtividade em relação a um pomar sadio. É importante ressaltar que, independente do cenário de manejo, com a presença da doença sempre haverá redução da produtividade do pomar com a ocorrência do HLB em relação ao mesmo padrão de pomar sadio, indicando que na presença da doença o potencial produtivo das plantas nunca será alcançado e a longevidade produtiva e econômica dos pomares nestas condições será reduzida.

O simulador conseguiu captar bem o impacto da incidência inicial da doença na redução da produtividade futura do pomar. De acordo com as simulações, incidências iniciais da doença maiores, anteciparam a queda de produtividade em pomares doentes (menor tempo para que a produtividade do pomar doente se tornasse decrescente, ficasse 10% menor que a do pomar sadio e para que a produtividade média ficasse abaixo de 1.000 caixas/ha), influenciando a viabilidade econômica desses cultivos. Desta forma, em propriedades cuja doença não chegou ou foi recém-introduzida a prevenção e o rigor do controle deverão ser maiores. As curvas de produtividade futura de pomares com incidências iniciais 1% e 10% mostram que altas incidências iniciais em pomares jovens são altamente prejudiciais, pois esses não conseguem se estabelecer, sendo pomares sempre com produtividade baixa que não pagam o investimento realizado no seu plantio e manutenção.

Da mesma forma, o simulador respondeu como esperado ao efeito da idade do pomar no momento de aparecimento da doença, indicando que quanto mais jovem for o pomar no início da epidemia, mais rápida e mais agressiva será a doença na redução da longevidade produtiva do mesmo. Nas plantas mais jovens a severidade inicial da doença foi maior e o progresso da severidade mais rápido, tornando esta planta improdutiva mais cedo em relação às plantas adultas. Infecções precoces não permitem que as plantas expressem o seu potencial produtivo, enquanto que plantas infectadas mais tardiamente conseguem expressar seu

potencial produtivo por mais tempo antes de entrarem em decadência. Assim, quanto mais avançada a idade do pomar no momento do aparecimento das primeiras plantas sintomáticas, mais tarde foi a queda de produção do pomar pelo HLB, pois quanto mais velho o pomar no momento da infecção maior era sua produtividade inicial, menor era a severidade inicial da doença e menores eram as taxas de progresso da incidência e severidade da doença.

De acordo com os parâmetros utilizados nestas simulações, a ausência de manejo da doença ou a aplicação com pouco rigor das medidas de controle do HLB em pomares de 2 e 4 anos não seria viável em qualquer das incidências iniciais, pois o pomar de 2 anos não chegaria em qualquer momento da simulação a uma produtividade próxima a 1.000 caixas/ha e o pomar de 4 anos chegaria a produzir 1.000 caixas/ha apenas entre os Anos 3 a 5 da simulação nas incidências iniciais mais baixas (0,01 e 0,1%). Analisando-se as simulações no curto prazo (5 anos), em qualquer incidência inicial, para pomares de 6, 8 e 10 anos no início da epidemia, a ausência de manejo poderia ser uma opção caso o citricultor esteja planejando mudar de atividade ou renovar o pomar todo nos próximos 5 anos, porque a queda de produtividade não seria tão significativa e não se teriam os custos do controle do vetor e da inspeção e erradicação das plantas com sintomas. Mesmo num cenário de ausência de medidas de controle, para incidências iniciais menores e/ou pomares mais velhos, ainda ocorre por um curto período de tempo um aumento na produtividade do pomar ainda devido à presença de plantas sadias cuja produtividade é crescente, no caso de plantas jovens, ou elevada, no caso de plantas adultas. Entretanto, após este curto período, rapidamente a produtividade dos pomares não manejados entra em declínio e atinge níveis antieconômicos abaixo de 1.000 caixas/ha. Além disso, a manutenção de pomares sem o manejo do HLB com a criação e disseminação de psíldeos infectivos compromete todos os pomares de sua região aumentando as taxas de infecções primárias.

Cabe lembrar, que as produtividades esperadas para pomares sadios empregadas nestas simulações (produtividade média de 1.872 caixas/ha do Ano 1 ao Ano 20) foram mais altas que a produtividade média dos pomares do estado de São Paulo. Assim, os resultados obtidos nas simulações poderiam variar, provavelmente reduzindo o tempo para que a produtividade ficasse abaixo de 1.000 caixas/ha, caso se utilizassem valores diferentes de produtividade esperada para pomar sadio.

Da mesma forma, a taxa anual de progresso da incidência de plantas com sintomas de HLB usada para simular os cenários com adoção de alguma prática de controle da doença pode ser considerada alta em comparação com as taxas observadas em outras propriedades localizadas em regiões com menor pressão externa de inóculo e/ou com maior rigor no

manejo da doença. Em simulações com menores taxas de progresso da incidência de HLB, os períodos em que as práticas de controle se manteriam viáveis economicamente provavelmente seriam maiores.

Neste trabalho foi considerado o mesmo valor de taxa anual de progresso da incidência de plantas com sintomas de HLB ($r_G = 0,25$) para todas as faixas etárias de plantas conforme observado em nove propriedades estudadas nas quais o controle do vetor era bem mais rigoroso nas plantas jovens que nas plantas adultas. Entretanto, em propriedades com um controle do vetor menos intenso nos pomares novos, seria esperada uma maior taxa de progresso da incidência de HLB para os pomares jovens, que apresentam várias e intensas brotações ao longo do ano, sendo mais atrativos a *D. citri*. Isto aumenta muito a importância de se evitar ao máximo as infecções nos primeiros anos após o plantio dos pomares, sendo de suma importância, nesses casos, o manejo integral da doença, mantendo a incidência da doença baixa para que as plantas possam atingir a idade produtiva quando já alcançam um nível de produtividade elevado que justifique sua manutenção no pomar por mais alguns anos.

Outro ponto que poderia ser explorado neste estudo seria a variação ao longo do tempo da taxa de progresso da incidência de HLB, que neste trabalho foi considerada constante. Os fatores responsáveis pela mudança na taxa de progresso da incidência de HLB são a pressão para infecções primárias causadas por psilídeos infectivos imigrantes e a eficiência das práticas de controle adotadas dentro da propriedade. Citricultores raramente mantêm a mesma prática de controle ao longo do tempo, principalmente quando os resultados não são satisfatórios ou o custo se torna proibitivo. Belasque et al. (2010a) observaram que citricultores que alteraram suas práticas de controle, tornando-as mais rigorosas, conseguiram reduzir o progresso da epidemia de HLB em seus pomares. Também se tem observado que à medida que os pomares sem manejo de HLB vão entrando em declínio e se tornam antieconômicos, eles acabam sendo erradicados e substituídos por outras culturas ou mesmo por outros pomares de citros, porém com melhores ações de controle do HLB, contribuindo para a redução do valor da taxa de progresso do HLB na propriedade que manteve o manejo da doença desde o princípio. Além disso, outro fator que pode atuar na redução desta taxa é a adoção por parte dos citricultores de ações de redução regional da população de psilídeo como, pulverizações regionais coordenadas e simultâneas de inseticidas em propriedades comerciais e ações de erradicação plantas doentes e pulverização de inseticidas ou liberação de parasitoides nos pomares de vizinhos, não comerciais ou de áreas urbanas. Por outro lado, preços baixos pagos aos citricultores e insucesso na contenção da doença podem fazer com que citricultores que antes manejavam a doença parem de manejá-la e contribuam para o

aumento da incidência da doença na região e, conseqüentemente, nos pomares que ainda manejam o HLB.

Em todas as incidências e idades simuladas, a produtividade futura do pomar com apenas o controle do vetor (Cenário C) foi mantida por um período maior em relação ao pomar sem manejo da doença (Cenário B), mas também caiu e se igualou à produtividade do pomar no Cenário B nos últimos anos da simulação. Isto ocorreu, porque no Cenário C as taxas de infecção consideradas foram menores que no Cenário B, pois como comentado anteriormente o controle do psilídeo evita eficientemente as infecções secundárias e parte das infecções primárias. A queda de produtividade no Cenário C ocorreu porque, embora em menor velocidade, a epidemia continuou ocorrendo, principalmente por causa de novas infecções primárias, e as plantas doentes, que não foram erradicadas, foram perdendo sua produtividade à medida que a severidade dos sintomas progrediu. A ausência do replantio das plantas eliminadas por outras causas no Cenário C, em virtude do aumento do risco de serem contaminadas precocemente, também contribuiu para a queda da produtividade do Cenário C, uma vez que o *stand* de plantas no pomar não foi mantido e sim reduzido ao longo dos anos da simulação.

Como foi assumido que a erradicação das plantas sintomáticas não afetaria ou teria um negligente efeito sobre a taxa de progresso da incidência de HLB no pomar, se fosse comparado o manejo com apenas o controle do vetor (Cenário C) com o manejo integral de controle do vetor e erradicação de plantas sintomáticas, mas sem o replantio das plantas eliminadas (Cenário D sem replantio), ter-se-ia uma queda na produtividade futura deste último cenário mais rápida e acentuada que no Cenário C, porque quando uma planta sintomática, mas produtiva, fosse eliminada haveria uma perda imediata e futura de produção pois esta planta mesmo que doente ainda teria alguma produção residual nos anos futuros. O manejo integral com replantio (Cenário D), como simulado neste trabalho, não se mostrou viável no curto prazo para pomares acima de 6 anos porque as replantas não tiveram tempo suficiente nestes cinco primeiros anos para entrar em produção plena e compensar as perdas de produção pela erradicação das plantas adultas com baixa severidade da doença. O que tornou o Cenário D viável para pomares adultos no médio e, principalmente, no longo prazo foi a possibilidade do replantio de todas as plantas erradicadas por HLB e outras causas, compensando-se no médio e longo prazo as perdas das produções das plantas doentes erradicadas pela entrada em produção plena das replantas sadias.

Do ponto de vista econômico, para os citricultores que visualizam a vida útil do seu pomar em curto e médio prazo (até 10 anos), pensando em sair do setor citrícola ou erradicar

todo o pomar e recomeçar após este período, o manejo do pomar sem erradicação de plantas sintomáticas e apenas com controle do vetor (Cenário C) seria interessante e representaria uma economia com a eliminação dos custos de inspeção de plantas doentes e erradicação de plantas sintomáticas recomendadas no manejo integral (Cenário D), além de garantir a manutenção de uma receita pela produção residual das plantas doentes, mas ainda com baixa severidade de sintomas. Pensando desta forma, alguns citricultores do estado de São Paulo estão deixando de cumprir a legislação vigente e estão mantendo as plantas doentes em seus pomares, esperando que estas plantas doentes, principalmente as maiores ou adultas, ainda produzam por alguns anos. Assim, o custo para a manutenção destas plantas doentes no pomar, desde que aliado a um controle intensivo do psilídeo nestas plantas para que elas não sirvam como fonte de inóculo, ainda seria mais viável economicamente que os custos de erradicação das plantas doentes e a perda das produções destas plantas doentes nos anos seguintes.

Contudo, deve-se ressaltar que, do ponto de vista fitopatológico, essa prática não deveria ser recomendada, pois isso levaria ao aumento contínuo da fonte de inóculo no pomar e na região, podendo comprometer a sustentabilidade da citricultura nesta região. Para a citricultura tornar-se sustentável numa região com alto inóculo, isto é, para que novos pomares possam ser plantados anos após anos e tornarem-se produtivos e rentáveis numa região com alta incidência de plantas doentes, seria fundamental evitar as infecções secundárias e a emigração de psilídeos infectivos oriundos destes pomares com manutenção de plantas sintomáticas, que potencializam as infecções primárias na região e afetam grandemente a produtividade e longevidade de pomares recém-plantados. Isto, atualmente, na ausência de variedades resistentes à bactéria ou repelentes ao psilídeo, só seria possível aumentando-se a frequência e dependência de uso do controle químico nos pomares, com potenciais riscos de seleção de populações de psilídeos resistentes aos inseticidas, ressurgências de pragas secundárias pela não seletividade de alguns inseticidas aos inimigos naturais destas pragas, contaminações ao homem e ambiente e problemas com resíduos de inseticidas nas frutas, caso não se consiga respeitar o período de carência do produto aplicado antes da colheita.

Os resultados apresentados no presente trabalho, nas condições em que o estudo foi desenvolvido, trazem um pouco mais de entendimento a respeito da epidemia de HLB, pois trabalhos nessa linha ainda são escassos. O desenvolvimento desse aplicativo trata-se de uma ferramenta importante para a citricultura, podendo servir de apoio para estudos e análises da doença nos pomares de produtores de todo parque citrícola. Tais estudos podem ser realizados

utilizando-se dados reais de cada propriedade desde que existam registros dos números de plantas com sintomas de HLB na propriedade, de pelo menos três a cinco anos. Com isso o produtor poderia visualizar a evolução dos danos causados pela doença em seu pomar baseado nas taxas de incidências reais de seu pomar, em curto, médio e longo prazo, de acordo com o cenário de manejo adotado e podendo utilizar essas informações para tomadas de decisões sobre o manejo da doença.

De acordo com o acima exposto, para que esse aplicativo se torne ainda mais útil para os citricultores, seria necessário valorar as receitas e os custos associados à aplicação de cada cenário de manejo como próxima etapa deste estudo sobre a viabilidade econômica de se adotar determinada medida de controle para o HLB em função da idade do pomar e da incidência de doença no início da epidemia.

Ressalta-se, também, que algumas premissas adotadas neste estudo e parâmetros utilizados poderão ser alterados à medida que o conhecimento sobre a epidemia e danos causados por esta doença avancem. Para tornar as simulações mais próximas do real, são necessários mais estudos a respeito do progresso da incidência da doença nos pomares, da evolução dos sintomas nas plantas infectadas e da relação entre severidade de sintomas e danos na produção em diversas condições edafo-climáticas, situações de manejo cultural do pomar (nutrição, irrigação, adensamento de plantio, etc...), combinações de variedades de copa/porta-enxertos, idades de plantas no aparecimento de sintomas de HLB e práticas de controle da doença.

5. CONCLUSÃO

Considerando-se que as premissas e os modelos adotados nas simulações deste estudo estão corretos, com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- O aplicativo permitiu identificar o efeito da incidência inicial da doença, idade do pomar no início da epidemia e manejo da doença sobre a produtividade futura do pomar e poderá servir como ferramenta para a tomada de decisão de controle do HLB.
- Em função dos níveis de produtividade do pomar e das taxas de progresso de incidência de plantas com sintomas de HLB obtidos pelas medidas de controle das fazendas analisadas, pomares de 2 e 4 anos de idade no momento da detecção do HLB apresentam maiores produtividades futuras no curto, médio e longo prazo se manejados de acordo com o Cenário D, realizando-se erradicação de plantas sintomáticas e controle do inseto vetor, conforme a IN53.
- Nas mesmas condições acima, pomares de 6, 8 e 10 anos no momento da detecção do HLB, dependendo da incidência inicial da doença, podem ter uma sobrevida produtiva de curto e médio prazo se manejados de acordo com o Cenário C, apenas com rigoroso controle do inseto vetor.
- Um estudo futuro realizando-se a valoração de receitas e custos desses cenários de manejo nas simulações é etapa importante, visando identificar informação crucial que seria elucidar qual o ponto de equilíbrio de um pomar, ou seja, identificar se a diferença entre um manejo a ser adotado e outro proporcionaria receita suficiente para pagar os custos do manejo e ainda se ter lucro.

REFERÊNCIAS

- Aubert, B., Sabine, A., Geslin, P., and Picardi, L. 1984. Epidemiology of the greening disease in Reunion Island before and after the biological control of the African and Asian citrus psyllas. **Proceedings International Society of Citriculture**. 1: 440-442.
- Aubert, B. 1990. Integrated activities for the control of huanglongbin-greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. In B. Aubert, S. Tontyaporn & S. D. Buangsuwon (Eds.), *Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region* (pp. 133–144). Rome: UNDP-FAO.
- Aubert, B. 1992. Citrus greening disease, a serious limiting factor for citriculture in Asia and Africa. **Proceedings International Society of Citriculture**. 2: 817-820.
- Aubert, B., Grisoni, M., Villemin, M. and Rossolin, G. 1996. A case study of huanglongbing (greening) control in Reunion. In: Graça, J. V., Moreno P. and Yokomi, R. K. (Eds) **Proceedings of the 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists**. Riverside. IOCV. p. 276-278.
- Bassanezi, R.B., Bergamin Filho, A., Amorim, L., and Gottwald, T.R. 2006. Epidemiology of Huanglongbing in São Paulo. **Proceedings Huanglongbing – Greening International Workshop**, Ribeirão Preto 37.
- Bassanezi, R.B. and Bassanezi, R.C. 2008. An approach to model the impact of huanglongbing on citrus yield. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**, Orlando. p. 301-304.
- Bassanezi, R.B., Lopes, S.A., Belasque Junior, J., Spósito, M.B., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Teixeira, D.C., and Wulff, N.A. 2010. Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology** 31: 11-23.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gasparoto, M.C.G., Bergamin Filho, A., and Amorim, L. 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology** 130: 577-586.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., and Belasque Junior, J. 2013a. Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus huanglongbing epidemics. **Crop Protection** 52: 72-77.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gimenes-Fernandes, N., Yamamoto, P.T., Gottwald, T.R., Amorim, L., and Bergamin Filho, A. 2013b. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease** 97: 789-796.
- Belasque Junior, J., Bassanezi, R.B., Yamamoto, P.T., Ayres, A.J., Tachibana, A., Violante, A.R., Tank Júnior, A., Di Giorgi, F., Tersi, F.E.A., Menezes, G.M., Dragone, J., Tank Júnior, R.H., and Bové, J.M. 2010a. Lessons from Huanglongbing management in São Paulo State, Brazil. **Journal of Plant Pathology** 92: 285-302.

- Belasque Junior, J., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., and Bové, J.M. 2010b. Controle do *huanglongbing* no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology** 31: 53-64.
- Bové, J.M. 1986. Greening in the Arab Peninsula: Towards new techniques for detection and control. **FAO Plant Protection Bulletin**. 34:7-14.
- Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 88: 7-37.
- Catling, H.D., and Atkinson, P.R. 1974. Spread of greening by *Trioza erytrae* in Swaziland. **Proceedings of the 6th Conference of the International Organization of Citrus Virologists**. Riverside. IOCV., CA, 33-39.
- Coletta-Filho, H.D., Targon, M.L.P.N., Takita, M.A., De Negri, J.D., Pompeu Jr., J., and Machado, M.A. 2004. First report of the causal agent of Huanglongbing ("*Candidatus Liberibacter asiaticus*") in Brazil. **Plant Disease** 88: 1382.
- São Paulo. **Portaria ADAESP N° 01, de 10 de fevereiro de 2003**. Estabelece Medidas de Defesa Sanitária Vegetal, no Estado de São Paulo, para Mudanças Cítricas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo. 2003.
- Fundecitrus. 2012. **Levantamentos: greening**. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/10>>. Acesso em: 01 de junho de 2013.
- Gatineau, F., Bonnot, F., Yen, T.T.H., Tuan, T.M., Tuyen, N.D., and Truc, N.T.N. 2010. Effects of imidacloprid and fenobucard on the dynamics of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama and on the incidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Fruits** 65: 209-220.
- Gottwald T.R., Aubert B., and Zhao X.Y. 1989. Preliminary analysis of citrus greening (Huanglongbing) epidemics in the People's Republic of China and French Reunion Island. **Phytopathology** 79: 687-693.
- Gottwald, T.R., Aubert, B., and Huang, K.L. 1991. Spatial pattern analysis of citrus greening in Shantou, **Proceedings of 11th Conference of International Organization of Citrus Virologists Riverside**. O.C.V., 421-427.
- Gottwald, T.R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology** 48: 119-139.
- Gottwald, T.R., da Graça, J.V., and Bassanezi, R.B. 2007. Citrus Huanglongbing: The pathogen and its impact. **Plant Health Progress**. Online (doi: 10.1094/PHP 2007-0906-01 RV)
- Halbert, S.E., Manjunath, K. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assesment of risk in Florida. **Florida Entomologist**. 87: 330 – 353.

- Irey, M.S., Gast, T., and Gottwald, T.R. 2006. Comparison of visual assessment and polymerase chain reaction assay testing to estimate the incidence of the Huanglongbing pathogen in commercial Florida citrus. **Proceedings Florida State Horticulture Society** 119: 89-93.
- Laranjeira, F.F., Amorim, L., Bergamim Filho, A., Aguilar-Vildoso, C.I., and Coleta Filho, H. D. 2005. Fungos, procariotos, e doenças abióticas. In: Matos Jr., D., De Negri, J.D., Pio, R.M., and Pompeu Jr., J. (Eds) **Citros**. Campinas SP: IAC e FUNDAG. p. 511–558.
- Lin, C.K. 1963. Notes on citrus yellow shoot disease. **Acta Phytophylacica Sinica** 2: 243-251.
- Lopes, S.A., Frare, G.F., Yamamoto, P.T., Ayres, A.J., and Barbosa, J.C. 2007. Ineffectiveness of pruning to control citrus huanglongbing caused by *Candidatus Liberibacter americanus*. **European Journal of Plant Pathology** 119: 463-468.
- Lopes, S.A., Frare, G.F., Bertolini, E., Cambra, M., Fernandes, N.G., Ayres, A.J., and Bové, J.M. 2009. Liberibacters associated citrus huanglongbing in Brazil: ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ is heat tolerant, ‘*Ca. L. americanus*’ is heat sensitive. **Plant Disease** 93: 257-262.
- Maschio, F. 2011. Ações adotadas pelo citricultor para o manejo do Huanglongbing (HLB, Greening) no parque citrícola paulista. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara. Fundecitrus.
- Montesino, L.H., and Bassanezi, R.B. 2011. Progresso da severidade de Huanglongbing em laranja ‘Valência’, com e sem controle do vetor, em duas épocas do ano. XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Bento Gonsalves, 2011. **Tropical Plant Pathology** 36 (Suplemento): 228.
- Neves, M.F., Trombin, V.G., Milan, P., Lopes, F.F., Cressoni, F., and Kalaki, R. 2010. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat. p. 137.
- Regmi, C., and Lama, T.K. 1987. Greening incidence and greening vector population dynamics in Pokhara. **Proceedings of the 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists**. Riverside. IOCV. p. 238-243.
- Roistacher, C.N. 1996 The economics of living with citrus diseases: huanglongbing (greening) in Thailand. In: **Proceedings of the 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists**. Riverside. IOCV. p. 279-285.
- Schwarz, R.E., Knorr, L.C., and Prommintara 1973. Presence of citrus greening and its psylla vector in Thailand. **FAO Plant Protection Bulletin** 21: 132-138.
- 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., and Bové, J.M. 2005. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the ‘*Candidatus*’ *Liberibacter* species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes** 19: 173-179.
- Teixeira, D.C., Wulff, N.A., Martins, E.C., Kitajima, E.W., Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., Eveillard, S., Saillard, C., and Bové, J.M. 2008. A phytoplasma closely related to the pigeon

pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in the State of São Paulo, Brazil. **Phytopathology** 98: 977-984.

Teixeira, D.C., Wulff, N.A., Lopes, S.A., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Spósito, M.B., Belasque Júnior, J., and Bassanezi, R.B. 2010. Caracterização e etiologia das bactérias associadas ao *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology** 31: 115-128.