

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

**AMANDA CAROLINE ZITO**

**Dinâmica de brotação em laranjeiras e eficiência de inseticidas no  
controle de *Diaphorina citri***

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

Orientador: Dr. Sílvio Aparecido Lopes

Coorientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

**Araraquara  
Julho 2019**

**AMANDA CAROLINE ZITO**

**Dinâmica de brotação em laranjeiras e eficiência de inseticidas no controle de *Diaphorina citri***

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

Orientador: Dr. Sílvio Aparecido Lopes

Coorientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

**Araraquara  
Julho 2019**

Z821d

Zito, Amanda Caroline

Dinâmica de brotação em laranjeiras e eficiência de inseticidas no controle de *Diaphorina citri* / Amanda Caroline Zito, 2019.

27 f.

Orientador: Dr. Sílvio Aparecido Lopes

Coorientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Dissertação (Mestrado) – Fundo de Defesa da  
Citricultura, Araraquara, 2019.

1. Huanglongbing 2. Greening 3. Psilídeo 4. Estádios  
vegetativos 5. Citros I. Título

**AMANDA CAROLINE ZITO**

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

Araraquara, 19 de julho de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

Dr. Silvio Aparecido Lopes (Orientador)  
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP



Dr. Luís Otávio Saggion Beriam  
Instituto Biológico, Campinas/SP



Dr. Dr. Nelson Arno Wulff  
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a “DEUS” pela benção da vida.

A Cooperativa Cocamar que me proporcionou esta experiência profissional e pessoal.

Aos meus familiares, em especial ao meu pai e minha mãe, por todo amor e carinho e por sempre torcerem por mim.

A minha irmã e melhor amiga, que me auxiliou no desenvolvimento da dissertação.

Ao meu amado noivo, Fernando Zorzenon, por todo seu apoio e companheirismo, além de toda ajuda no desenvolvimento da dissertação.

Ao Dr. Sílvio Aparecido Lopes pela orientação e ensinamentos durante a realização do Mestrado.

Ao Dr. Marcelo Pedreira Miranda pelas orientações e correções no desenvolvimento da dissertação.

Ao Dr. Juan Cifuentes Arenas, pela ajuda nas análises estatísticas.

A todos os Professores, pesquisadores e colaboradores do FUNDECITRUS pelo auxílio e orientação.

Aos produtores Dourival Fumagalli e finado Izaias Schelive que disponibilizaram suas propriedades para realização dos experimentos, dando todo apoio necessário.

Aos produtores que me apoiaram durante todo o período do mestrado.

A todos os AMIGOS que fiz durante a realização do curso “MASTERCITRUS - Mestrado Profissionalizante” (2017), pelo aprendizado, alegria e companheirismo.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência “.

(Henry Ford)

## Dinâmica de brotação em laranjeiras e eficiência de inseticidas no controle de *Diaphorina citri*

**Autor:** Amanda Caroline Zito

**Orientador:** Sílvio Aparecido Lopes

**Coorientador:** Marcelo Pedreira de Miranda

### Resumo

O Huanglongbing é a doença mais destrutível dos citros e uma grande ameaça à produção mundial de frutas cítricas. Essa doença está associada a bactérias *Candidatus Liberibacter* spp., com a espécie *Ca. L. asiaticus* transmitida por inseto, o psíldeo *Diaphorina citri* Kuwayama, sendo a mais amplamente distribuída no mundo. As principais medidas de controle do HLB são o plantio de mudas sadias, erradicação de plantas doentes e controle químico do inseto vetor. Para aumentar a eficiência do controle, as pulverizações devem ser feitas preferencialmente nos períodos de fluxo vegetativo. Portanto, é importante entender como é a dinâmica de brotação ao longo do tempo e qual o impacto do crescimento e desenvolvimento do broto na efetividade das pulverizações. Este trabalho foi conduzido com três objetivos. O primeiro foi avaliar quinzenalmente a brotação em copas de dez plantas das variedades 'Pera', 'Valência' e 'Folha Murcha', todas enxertadas no citrumeleiro Swingle, no período de janeiro de 2018 a janeiro de 2019. Em cada data foi avaliada a incidência de brotos em seus diferentes estádios fenológicos, a quantidade de brotos encontrada foi convertida em índices de favorabilidade à reprodução do psíldeo. Os períodos em que ocorreram os principais picos de brotação foram similares para as três variedades, mas houve diferenças no número de dias em que foram encontrados brotos. O segundo objetivo foi avaliar o crescimento e o desenvolvimento dos brotos nos períodos de novembro a dezembro de 2018 e janeiro a fevereiro de 2019, nas três variedades mencionadas. Avaliou-se o comprimento do broto a cada três dias, desde o surgimento até o momento em que o broto atingiu o tamanho final. Em 2018 os brotos cresceram mais rápido mas atingiram tamanhos menores em 'Folha Murcha' ( $0,19 \pm 0,01$  mm/dia,  $93,77 \pm 1,50$  mm) do que em 'Pera' ( $0,17 \pm 0,01$  mm/dia,  $109,08 \pm 3,05$  mm) ou 'Valência' ( $0,15 \pm 0,00$  mm/dia,  $115 \pm 82$  mm). Em 2019 não houve diferenças no tamanho dos brotos, no entanto a taxa de crescimento foi significativamente menor na variedade 'Pera' ( $0,14 \pm 0,01$  mm/dia) em comparação com 'Folha Murcha' ( $0,27 \pm 0,02$  mm/dia) e 'Valência' ( $0,24 \pm 0,01$  mm/dia). O terceiro objetivo foi determinar a efetividade dos inseticidas dimetoato 500 EC e imidacloprido 200 SC nas doses de 90 e 20 ml dos respectivos produtos comerciais por 100 L de água, iniciando as pulverizações quando os brotos estavam nos estádios vegetativos V2, V4 e V6. Para o tratamento controle os brotos foram pulverizados com água. A avaliação foi feita por meio da observação e contagem dos insetos mortos após cinco dias de confinamento nos diferentes períodos, os quais foram duas horas, e 5 e 10 dias após a pulverização. Foram realizados dois ensaios - o primeiro em novembro de 2018 e o segundo em março de 2019. A taxa de mortalidade dos insetos foi maior quando as aplicações foram feitas no estádio V6. O dimetoato foi, de forma geral, mais efetivo que o imidacloprido. Porém, houve altas taxas de mortalidade também no tratamento controle (de até 43%), causado provavelmente pelo manuseio dos insetos durante o confinamento.

**Palavras-chave:** Huanglongbing, Greening, psíldeo, estádios vegetativos, citros.

## **Vegetative flushing dynamics on orange trees and efficiency of insecticide sprays in the control of *Diaphorina citri***

**Author:** Amanda Caroline Zito

**Advisor:** Sílvio Aparecido Lopes

**Co-advisor:** Marcelo Pedreira de Miranda

### **Abstract**

Huanglongbing is the most destructive citrus disease and a great threat to world citrus fruit production. The disease is associated with bacteria *Candidatus Liberibacter* spp, with *Ca. L. asiaticus*, transmitted by insect, the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, the most widely distributed in the world. HLB control measures include planting of healthy rootstock, eradication of diseased trees and chemical control of the insect vector. To increase control efficiency, the trees should preferably be sprayed at periods of vegetative flushing. Therefore, it is important to understand the vegetative flushing dynamics over the time and how shoot growth and development impact the effectiveness of insecticide applications. This work was undertaken with three objectives. The first objective was to evaluate fortnightly vegetative flushing dynamics in ten trees of the varieties 'Pera', 'Valência' and 'Folha Murcha', from January 2018 to January 2019. At each date the incidence of shoots in their different phenological stages was evaluated, with the number of shoots converted into indexes of favorability to *D. citri* reproduction. The periods in which the main peaks of vegetative flushing occurred were similar for the three varieties, but there were differences in the number of days that shoots were found. The second objective was to evaluate shoot growth and development, carried out during the months of November to December 2018 and then in January to February 2019, on the three mentioned varieties. The length of the shoots was evaluated every three days, from appearance date to the date they reached the final size. In 2018 the shoots grew faster but reached smaller sizes in 'Folha Murcha' ( $0.19 \pm 0.01$  mm / day,  $93.77 \pm 1.50$  mm) than in 'Pera' ( $0.17 \pm 0$  mm / day,  $109.08 \pm 3.05$  mm) or 'Valência' ( $0.15 \pm 0.00$  mm / day,  $115 \pm 82$  mm). In 2019 there were no differences between shoot size, however growth rate was significantly lower in 'Pera' ( $0.14 \pm 0.01$  mm / day) than in 'Folha Murcha' ( $0.27 \pm 0.02$  mm / day) or 'Valência' ( $0.24 \pm 0.01$  mm / day). The third objective was to determine the effectiveness of the insecticides dimetoato 500 EC and imidacloprid 200 SC at the doses of 90 and 20 ml of the respective commercial products per 100 L of water, with the sprays starting when the shoots were in the vegetative stages V2, V4 and V6. As a control, the shoots were sprayed with water. The evaluation was done by observing and counting the surviving insects after five days of confinement. The confinement periods started two hours and five and 10 days after spraying. Two trials were carried out - one in November 2018 and another in March 2019. The insect mortality rate was higher when the applications were made at the V6 stage. Dimethoate was generally more effective than imidacloprid. However, high mortality rates occurred also in the control treatment (up to 43%), probably caused by the handling of the insects during confinement procedures.

**Keywords:** Huanglongbing, Greening, psyllid, vegetative stages, citrus.



**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	5
2.1 Caracterização das áreas experimentais .....	5
2.2 Dinâmica de brotação .....	7
2.3 Crescimento e desenvolvimento do broto .....	8
2.4 Estádio de desenvolvimento do broto e efetividade de inseticidas no controle do psilídeo .....	9
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	12
3.1 Dinâmica de brotação .....	12
3.2 Crescimento e desenvolvimento do broto .....	15
3.3 Estádio de desenvolvimento do broto e efetividade de inseticidas no controle do psilídeo .....	18
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador de suco de laranja do mundo (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos, 2018). No ano de 2016, a citricultura empregou 250 mil pessoas e contribuiu com nove bilhões de reais para o Produto Interno Bruto (FNP Consultoria & Comércio, 2017). O parque citrícola paulista e a região do Triângulo Mineiro e sudoeste de Minas Gerais são as principais áreas produtoras, englobando 414.353 hectares e 175,27 milhões de árvores, com a produção prevista para a 2019/20 de 388 milhões de caixas de 40,8 kg (Fundo de Defesa da Citricultura, 2019). O Estado do Paraná também contribui com as exportações brasileiras, sendo o terceiro maior produtor de laranja do país, segundo o Departamento de Economia Rural do Paraná (DERAL – Departamento de Economia Rural do Paraná, 2018), com área cultivada de 32,9 mil hectares no ano de 2017, com destaque para a região noroeste do Estado. A produtividade recorde em 2017 no Paraná (923 caixas por hectare) foi superior à média nacional, que é de 553 caixas (DERAL – Departamento de Economia Rural do Paraná, 2018). Mas a liderança em produtividade vem sendo ameaçada pela ocorrência da doença ‘Huanglongbing’ (HLB), principal desafio fitossanitário

O HLB é a doença mais destrutiva da citricultura e uma grande ameaça à produção mundial de frutas cítricas. A doença está associada às bactérias *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Candidatus Liberibacter americanus* e *Candidatus Liberibacter africanus* (Bové, 2006), sendo as duas primeiras espécies transmitidas pelo psílideo *Diaphorina citri* e a terceira pelo psílideo *Trioza erytreae* (Capoor et al., 1967; Martinez & Wallace, 1967; Teixeira et al., 2005; Yamamoto et al., 2009). A doença foi relatada pela primeira vez em 1919 no sudeste da China e se espalhou por mais de 40 países da África, Ásia e Américas (Sul e Norte). No Brasil, a espécie *Ca. L. asiaticus* é a mais comum. O primeiro caso de HLB no país foi relatado no Estado de São Paulo em 2004 (Coletta-Filho et al., 2004). No ano de 2005 foi feito o primeiro relato da doença no Estado de Minas Gerais (Castro et al., 2010) e, em 2006, no estado do Paraná (Meneguim et al., 2008).

No Brasil, como em outros países, a progressão espacial do HLB tem sido rápida (Bassanezi et al., 2011). No estado de São Paulo, onde levantamentos da doença têm sido conduzidos com frequência, a incidência de plantas doentes aumentou de 0,61% em 2008 para 18,15 % em 2018, com grandes diferenças na incidência entre as regiões. Em 2018 o HLB ocorria em 58,16% das plantas da região de Brotas e em 1,73% na de Itapetininga, respectivamente regiões maior e menor incidência no estado de São Paulo (Fundo de Defesa da

Citricultura, 2018). No Triângulo Mineiro, o HLB não foi encontrado no levantamento amostral realizado em 2018. Não existem dados precisos de como a incidência de plantas doentes tem evoluído nos Estados do Paraná e Minas Gerais, porém, no caso do Paraná, estima-se que o HLB levou à redução de 12,3 milhões de plantas em 2013 para 9,7 milhões em 2016 (ADAPAR – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, 2017).

A progressão dos sintomas de HLB na copa das árvores também é rápida, causando danos diretos à produção e à qualidade do suco. No que tange a produtividade, a proporção de frutos sintomáticos e caídos aumenta à medida em que aumenta a quantidade dos sintomas na planta. Quedas de até 70% de frutos são comumente observadas em plantas de 4 a 6 anos de idade com mais de 60% da copa com sintomas (Bassanezi & Montesino, 2013). Nos casos em que toda a copa da planta está tomada pelos sintomas, a redução na produção pode chegar a 100%. Além disso, frutos sintomáticos são menores e apresentam-se mais ácidos e com menores valores de Brix, ‘ratio’, e porcentagem de suco e sólidos solúveis. A qualidade organoléptica do suco também é comprometida (Bassanezi & Montesino, 2013).

O controle do HLB tem sido baseado no plantio de mudas saudáveis produzidas em viveiros telados e certificados, na inspeção dos pomares e erradicação de plantas sintomáticas para redução de fontes de inóculo e, ainda, no monitoramento e controle químico do psíldeo para reduzir as chances de transmissão do patógeno (Fundo de Defesa da Citricultura, 2018). É necessário que o controle do inseto seja feito não só em pomares comerciais, afetados ou não por HLB, como também em pomares abandonados, e plantas presentes em chácaras e fundos de quintal, potenciais criadouros do vetor e fontes de inóculo. Em situações onde não é possível a eliminação de plantas com sintomas e aplicação de inseticidas, recomenda-se liberações do parasitóide *Tamarixia radiata*, um dos principais agentes de controle biológico do vetor (Parra et al., 2010). Para maior eficiência no manejo da doença, as medidas mencionadas devem ser adotadas em caráter regional, ou seja, por grupos de produtores residentes em uma determinada região (Videira et al., 2015).

As pulverizações devem ser feitas com base no monitoramento da população do inseto em pomares comerciais e abandonados. Sua eficiência vai depender do produto, dose e estágio vegetativo em que se encontram as brotações no momento da aplicação do inseticida, demonstrado por De Carli et al. (2018), que testou a eficiência de pulverização de inseticidas pertencentes a três grupos químicos diferentes (neonicotinoide, organofosforado e piretroide) em plantas com brotações jovens (folhas ainda não totalmente expandidas) e folhas completamente maduras. Logo após as pulverizações, psíldeos adultos foram confinados e a taxa de mortalidade dos mesmos foi avaliada em intervalos de 7 dias após a pulverização. A

taxa de mortalidade variou entre inseticida e estágio vegetativo. A eficiência de controle foi menor quando os inseticidas foram aplicados em brotos jovens com  $\pm 10$  mm de comprimento. Os inseticidas thiamethoxam 250 WG na dose 10 ml/100L e dimetoato 500EC a 90 ml/100 L foram os mais efetivos tanto para brotos como para folhas maduras. As variações na eficiência dos inseticidas podem ter sido influenciadas, ao menos em parte, pelo crescimento dos brotos. O crescimento do broto e a influência da temperatura no seu desenvolvimento foram intensivamente investigados por Cifuentes-Arenas et al. (2016), que demonstrou que o broto passa por diversos estádios vegetativos, com as fases iniciais sendo as mais preferidas para *D. citri* se alimentar e reproduzir. Os estádios iniciais são mais nutritivos e macios facilitando a penetração do estilete do inseto (Patt & Sétamou, 2010). Com relação ao ambiente, Cifuentes-Arenas (2017) demonstrou que o tempo entre o inchamento das gemas e a maturação completa do broto é menor a 30° C do que a 24°C ou 15°C.

O aprimoramento no controle do psilídeo também envolve um melhor entendimento da dinâmica de brotação, ou seja, da oscilação na ocorrência de surtos vegetativos e reprodutivos ao longo do ano. A dinâmica de brotação em laranjeiras foi investigada durante os anos de 2012 a 2015 por Oliveira (2017). O estudo foi conduzido com 18 diferentes combinações de seis variedades de copa ('Rubi', 'Valência Americana', 'Hamlin' 'Pera', 'Valência' e 'Folha Murcha') e três de porta-enxerto (limoeiro 'Cravo', citromeleiro 'Swingle', tangerineira 'Sunki') em áreas com e sem irrigação. Foi avaliada a incidência de brotos nos diferentes estádios vegetativos com os dados obtidos convertidos em índice de favorabilidade à reprodução (IFR) do psilídeo (Cifuentes-Arenas et al., 2018). Os porta-enxertos avaliados tiveram pequena influência na dinâmica de brotação, diferentemente da variedade copa e condição hídrica. Houve maior quantidade de brotos na variedade 'Rubi' e na área não irrigada.

O trabalho de De Carli et al. (2018) evidenciou que o aumento rápido no crescimento do broto reduz a cobertura do inseticida. Já o trabalho de Cifuentes-Arenas (2017) demonstrou que inchamento das gemas e as mudanças dos estádios fenológicos são mais rápidas em plantas expostas a temperaturas mais elevadas. Os estudos mencionados foram conduzidos ou em câmaras de crescimento ou em campo, sendo que, neste último caso, em propriedades localizadas na região central do estado de São Paulo. Nenhum estudo semelhante foi conduzido no estado do Paraná, onde as plantas estão expostas a diferentes condições edafoclimáticas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos (i) avaliar a dinâmica de brotação em três variedades de copa de laranjeiras, (ii) avaliar o tempo de maturação dos brotos, e (iii) determinar a efetividade de inseticidas no controle de *D. citri* quando aplicados em diferentes estádios de

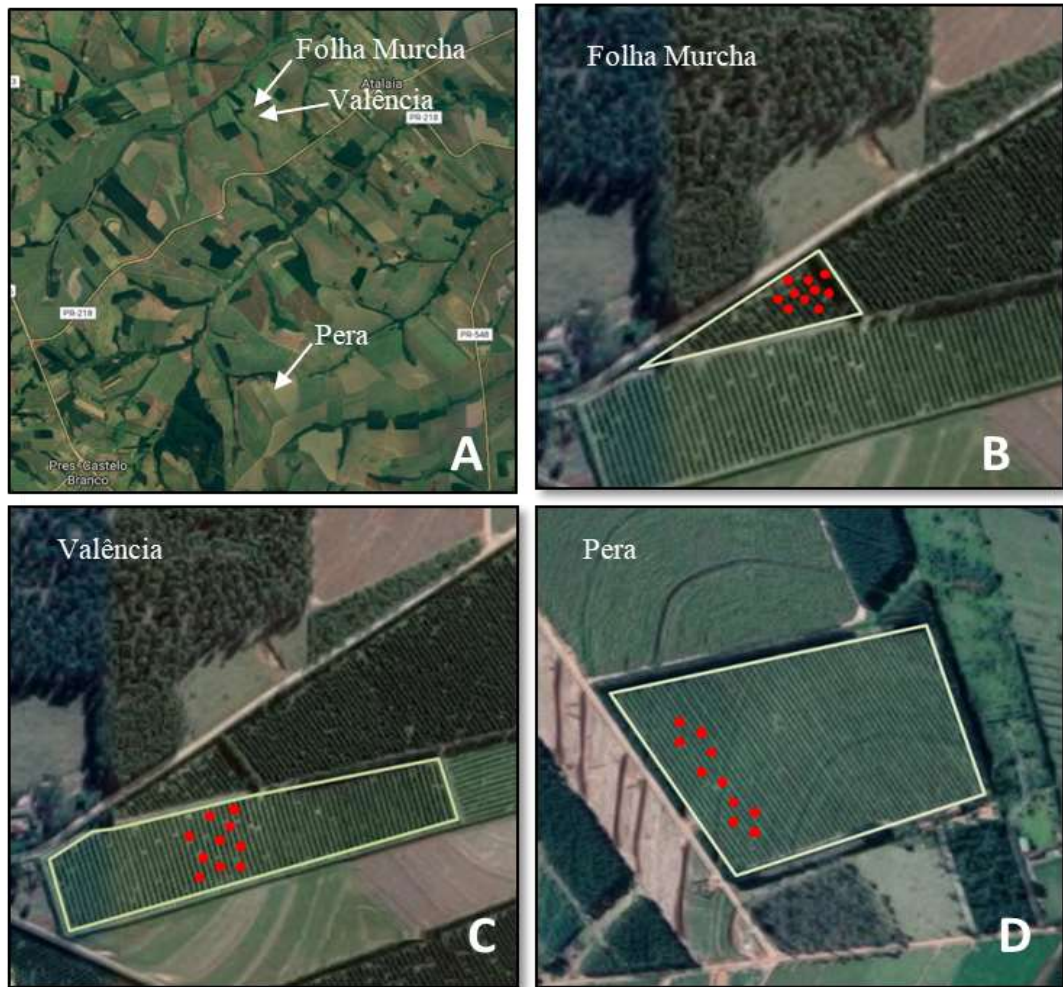
crescimento dos brotos. O estudo foi conduzido em propriedades comerciais localizadas no norte do Paraná.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização das áreas experimentais

As avaliações foram conduzidas de janeiro 2017 a abril 2019 em duas propriedades nos municípios de Presidente Castelo Branco e Atalaia. Ambos os municípios estão localizados na região do Arenito Caiuá, na qual o solo predominante é o Latossolo Vermelho Distrófico. No ano de 2018, a temperatura média diária foi de 24,0° C. No mês de janeiro, período mais quente do ano, a média foi de 32,0° C e em junho, mês de temperaturas mais baixas, a média foi de 24,0° C. O volume médio mensal de chuvas variou de 0,5 mm em julho a 190 mm em agosto.

Três variedades copa de laranjeira doce foram utilizadas no experimento - a 'Pera', de meia estação, na propriedade do município de Presidente Castelo Branco, e a 'Valência' e 'Folha Murcha', ambas de maturação tardia, na propriedade do município de Atalaia. As três variedades estavam enxertadas sobre o porta-enxerto citrumeleiro 'Swingle' com interenxerto de laranja 'Valência' para o caso das copas de 'Pera', incompatível com o 'Swingle'. Todas as variedades foram plantadas no ano de 2012 com espaçamento de 6,8 entre linhas e 2,8 m entre plantas. A altura das plantas e volumes médios das copa eram respectivamente de 3,0 m e 22,5 m<sup>3</sup> em 'Pera', 2,8 m e 21 m<sup>3</sup> em 'Valência' e 3,2 m e 23 m<sup>3</sup> em 'Folha Murcha'. Para o experimento foram selecionadas árvores a partir da décima planta de cada linha experimental, respeitando-se 28 m de bordadura dos lados leste e oeste das quadras (Figura 1). Até a data de conclusão do experimento nenhuma das plantas selecionadas manifestaram qualquer sintomas de HLB.



**Figura 1.** Imagens aéreas das áreas experimentais (A), com as setas em branco identificando a localização das propriedades no mapa. Os contornos brancos representam os limites dos blocos e os pontos vermelhos as plantas avaliadas de ‘Folha Murcha’ (B), ‘Valência’ (C) e ‘Pera’ (D).

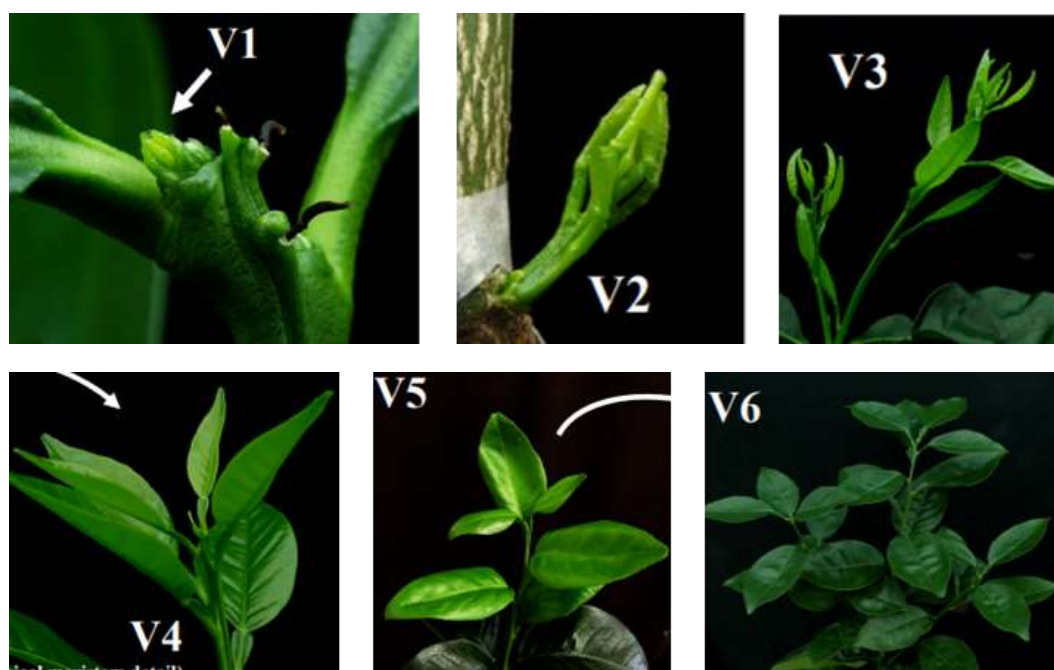
Próximo às áreas experimentais, distante cerca de 30 m do bloco da ‘Pera’ e 20 km dos blocos da ‘Valência’ e ‘Folha Murcha’, foi instalado um registrador de temperatura (termômetro tipo capela) na qual eram registradas, diariamente, as temperaturas máxima e mínima. Os dados de chuva foram coletados diariamente por meio de pluviômetro tipo cunha, de capacidade de 130 mm, instalado próximo às áreas experimentais (distante cerca de 10 km da quadra da variedade ‘Pera’, e 20 km das quadras de ‘Valência’ e ‘Folha Murcha’).

Os tratos culturais das parcelas experimentais, tais como fertilizações, aplicação de inseticidas e fungicidas, foram realizados em intervalos de duas a três semanas, seguindo o mesmo padrão para as três áreas. Durante todo o período de avaliação foram realizadas duas inspeções semestrais por equipes qualificadas para detecção de sintomas de HLB. Plantas sintomáticas foram erradicadas no prazo máximo de dez dias após a detecção. Pulverizações de inseticidas contra psílídeos foram feitas por meio de turbo pulverizador Arbus Jacto® Valencia

4000 (Jacto, Pompéia, SP). As aplicações foram realizadas a cada duas semanas, independentemente dos dados de monitoramento do inseto conduzido nas propriedades, com exceção da quadra plantada com a variedade ‘Pera’, na qual foi conduzido o experimento de avaliação de inseticida. Para o monitoramento do psilídeo foram instalados, em todo o perímetro da área experimental, cartões adesivos amarelos marca Colortrap Pannel Amarelo (Isca Tecnologias, Ijuí, RS), espaçados entre si a cada 500 metros e fixados por meio de hastes de bambu próximas ao terço superior das plantas.

## 2.2 Dinâmica de brotação

Durante o período de 5 de janeiro de 2018 a 10 de janeiro de 2019 foram feitas, a cada 15 dias, contagens e classificação de brotos em 10 árvores selecionadas de cada variedade. As avaliações foram feitas nos últimos 50 cm de extensão de ramos marcados e identificados com etiquetas em oito quadrantes das copas. Os brotos foram classificados de acordo com o guia de fases de desenvolvimento dos brotos vegetativos proposto por Cifuentes-Arenas et al. (2018) (Figura 2).



**Figura 2.** Guia de fases de desenvolvimento dos brotos vegetativos em citros, sendo V1 = emergência, V2 e V3 = desenvolvimento, V4 e V5 = maturação e V6 = dormência (Cifuentes-Arenas et al., 2018).

Os dados (número e estágio dos brotos) foram transformados em índice de favorabilidade à reprodução de *D. citri* (IFR) com base em Cifuentes-Arenas (2017). Neste índice é levado em consideração o peso relativo que cada estágio tem em reproduzir o psilídeo,



e é definido pela fórmula  $IFR = nV1*0,4846 + nV2*1,000 + nV3*0,8095 + nV4*0,1014 + nV5*0,0088$ , sendo 'n' o número de brotos no respectivo estágio e V1 a V5 os estágios de desenvolvimento. Por ser totalmente desfavorável ao psilídeo, o estágio V6 não foi incluído na equação. Posteriormente, com base na dinâmica de IFR, foi estimada a área abaixo da curva do IFR ( $AAC_{IFR}$ ) para cada planta (repetição). Para isto foi empregada metodologia adaptada de Shaner & Finney (1977). Os dados de  $AAC_{IFR}$  das três variedades foram então submetidos a análise de variância, com separação das médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para se avaliar o padrão de brotação dos tratamentos, contou-se o número médio de brotos V1 a V5 (estádios vegetativos favoráveis a reprodução do psilídeo) e a calculou-se a frequência de datas onde havia, em média,  $IFR \geq 1$  por  $m^2$  de copa por planta em cada data de avaliação.

### 2.3 Crescimento e desenvolvimento do broto

O objetivo deste estudo foi avaliar o tempo necessário para que o broto atingisse a completa maturação e seu tamanho final. Os experimentos foram conduzidos em 2018 (novembro a dezembro) e 2019 (janeiro a fevereiro). Inicialmente os ramos das copas das dez plantas das três variedades ('Pera', 'Valência' e 'Folha Murcha') foram manualmente podados. Quinze e 16 dias após a poda, em 2018 e 2019 respectivamente, foram selecionados e marcados com fita adesiva branca (Figura 3) brotos V1 (um broto por planta) presentes nos quadrantes 3 e 4 na face norte das copas. A cada 3 dias mensurou-se com um paquímetro o comprimento do broto selecionado e anotou-se também a fase de desenvolvimento em que o broto se encontrava no momento da avaliação. As avaliações foram feitas até a quase completa estabilização do crescimento.

Os dados de crescimento do broto foram submetidos a regressão não linear, ajustando-se os dados ao modelo de crescimento de Gompertz,  $Yt = A * e^{-e^{-k*(t-Ti)}}$ , onde  $Yt$  é o tamanho estimado (mm) no tempo  $t$  (dias),  $A$  o tamanho máximo estimado (ou assíntota da curva) (mm),  $e$  a constante exponencial,  $k$  a taxa de crescimento (mm/dia), e  $Ti$  o tempo na inflexão da curva ou dia em que se tem a máxima taxa de crescimento (Tjørve & Tjørve, 2017). O modelo foi ajustado inicialmente para cada broto e depois para todo o conjunto de brotos dentro de cada variedade e ano. A significância no ajuste do modelo foi avaliada por meio do teste F da análise de variância e a significância dos parâmetros do modelo foi determinada por meio do teste t. Os valores dos parâmetros foram comparados por meio de análise de variância e as médias separadas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para determinar se houve diferenças significativas dos valores dos parâmetros entre as variedades e anos tentou-se inicialmente análise de variância fatorial com interação, em esquema 3x2 (três variedades, 2 repetições). Porém, segundo Pimentel-Gomes (2009), para realizar este tipo de análise conjunta de experimentos, a relação entre o maior e menor quadrado médio do resíduo deve ser menor que sete ( $QMr_1/QMr_2 < 7$ ), o que indica variação aceitável dos dados entre experimentos. Este critério não foi atingido quando considerados todos os dados em conjunto, mas sim para o subconjunto de dados dentro de cada ano (Tabela 1). Optou-se, então, por realizar a comparação apenas entre as variedades separadamente dentro de cada ano. Cada combinação Variedade\*Ano foi então considerada um experimento.

**Tabela 1.** Quadrados médios dos resíduos (QMr) da análise de variância realizada para o ajuste do modelo Gompertz de crescimento para cada combinação Variedade\*Ano (experimento), e relação entre o valor maior (QMr1) e menor (QMr2).

Variedade	QMr		QMr <sub>1</sub> /QMr <sub>2</sub> <sup>a</sup>
	2018	2019	
Pera	75,03	126,74	22,19
Valência	47,43	438,48	
Folha Murcha	19,76	132,73	
QMr <sub>1</sub> /QMr <sub>2</sub> <sup>b</sup>	3,80	3,46	

<sup>a</sup> Comparação entre todos os valores. <sup>b</sup> Comparação dentro de cada ano.

#### 2.4 Estádio de desenvolvimento do broto e efetividade de inseticidas no controle do psilídeo

Para o presente experimento foram utilizados, por planta e por tratamento, 10 adultos de *D. citri* não infectivos, com idade entre 10 e 15 dias após a emergência. Os insetos foram criados em plantas de murta [*Murraya paniculata* (L.)] em sala climatizada (temperatura de 25°C ± 3°C, fotofase de 14 h e umidade relativa de 65 ± 10%), no laboratório de controle biológico do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado em Londrina.

Utilizou-se dois inseticidas comerciais de dois grupos químicos registrados para o controle de *D. citri* - o dimetoato a 450 mg / L (Dimexion, FMC, Campinas, SP, Brasil) e o imidacloprido a 40 mg / L (Provado 200 SC, Bayer CropScience Ltda, São Paulo, SP, Brasil). Brotos no mesmo estágio vegetativo foram pulverizados com água como controle.

O experimento foi conduzido de 29 de novembro a 9 de dezembro de 2018 com a variedade 'Pera', localizada na mesma área dos experimentos anteriores. A média das temperaturas média, máxima e mínima foi de 25, 33 e 20° C, respectivamente, sem ocorrência de chuvas durante os confinamentos. O experimento foi repetido na mesma área entre 26 de

março e 6 de abril de 2019 com registros médios de temperaturas média, máxima e mínima de 24, 32 e 20° C, respectivamente. Não houve ocorrência de chuvas durante os confinamentos. Nestes experimentos foram selecionadas três ruas espaçadas entre si por 5 linhas de plantio, desconsiderando 45 plantas do início e final de cada rua, evitando a influência da borda (Figura 3).



**Figura 3.** Imagem de satélite de plantas de 'Pera' enxertadas em 'Swingle' com 'Valencia' como interenxerto utilizadas na avaliação da influência do crescimento do broto na efetividade de controle de *Diaphorina citri*. Retângulos brancos representam as três linhas de plantios selecionadas para o experimento e círculos vermelhos as plantas avaliadas. Cada retângulo foi pulverizado com um dos tratamentos: dimetoato, imidacloprido e água como testemunha.

As plantas foram pulverizadas por meio de turbo pulverizador da marca Jacto, modelo Tower 4.000 L, com volume de aplicação fixado em 40 mL/m<sup>3</sup> de copa. Para garantir a uniformidade do volume de aplicação estabilizou-se a velocidade de deslocamento do turbo pulverizador de 6,0 km/hora, do início da rua até as plantas experimentais.

Para estimular o surgimento de novos brotos e ter os três estádios vegetativos (V2, V4 e V6) realizou-se podas sequenciais nas extremidades dos ramos. Assim, o experimento foi realizado no momento em que cada planta continha os estádios vegetativos V2 (desenvolvimento, aproximadamente 1 cm de comprimento), V4 (maturação, aproximadamente 4 cm de comprimento) e V6 (dormência, aproximadamente 6 cm de comprimento). Os estádios vegetativos foram definidos com base em Cifuentes- Arenas et al. (2018) (Figura 2).

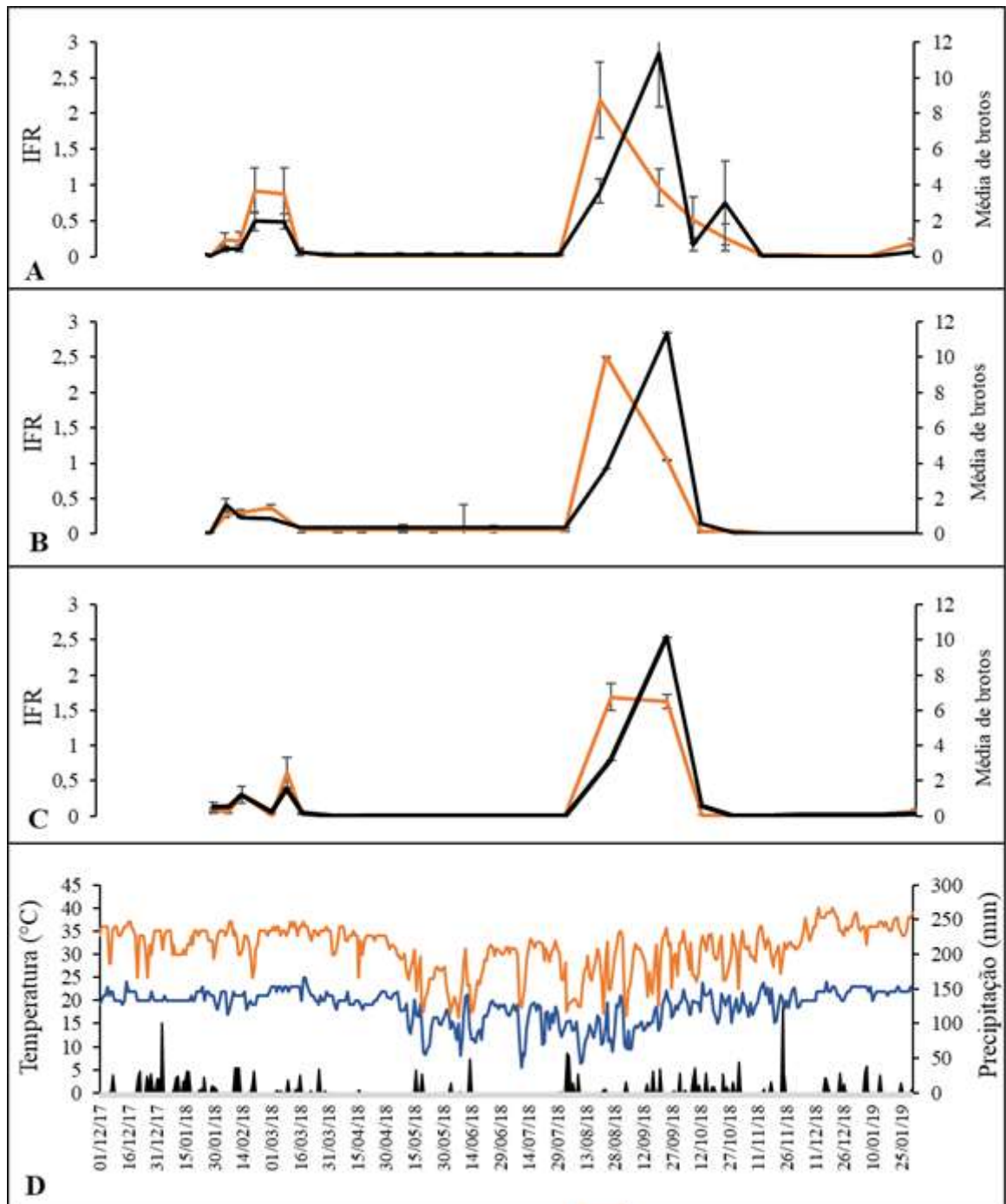
Para garantir que o inseto se alimentasse somente dos estádios vegetativos V2 e V4 (brotos em expansão) foi necessário envolver o caule com fita adesiva branca logo após as pulverizações. Utilizou-se seis plantas para cada estágio vegetativo (V2, V4 e V6). Após as pulverizações dos inseticidas e de água, os dez psilídeos adultos foram confinados, no interior de saquinhos confeccionados com tecido tule, nos brotos V2, V4 e V6, todos presentes na mesma planta. O primeiro confinamento foi feito duas horas após a pulverização (zero dias após a pulverização, DAP). O segundo e terceiro confinamentos foram realizados no 5º e 10º DAP, respectivamente. A mortalidade foi avaliada a cada 5 dias após cada confinamento (DAC), ou até quando a taxa de mortalidade atingisse 80%. Os insetos foram considerados mortos quando não apresentavam mobilidade em suas pernas ou asas quando tocados. Além da mortalidade dos insetos, foram medidos os comprimentos dos brotos antes e depois de cada confinamento.

A efetividade dos inseticidas em relação ao desenvolvimento do broto foi analisada utilizando-se o modelo linear generalizado (GLM) (Nelder & Wedderburn, 1972) com distribuição quasi-binomial. Quando houve interação significativa entre os fatores (produto inseticida x broto), o desdobramento das interações foi calculado usando-se a função *fat2.crd* do pacote *ExpDes*, com as médias separadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas no programa R 3.5.1 (R Core Team, 2014).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Dinâmica de brotação**

No período estudado foram feitas 42 avaliações quinzenais. Em todas as avaliações, foram encontrados brotos em ao menos uma das dez plantas avaliadas de cada variedade. A maior ocorrência de brotos foi de fevereiro a março (primeiro e segundo pico) e de agosto a outubro (terceiro pico) de 2018 (Figura 4).



**Figura 4.** Dinâmica de brotação em copas das variedades de laranjeiras ‘Pera’ (A) ‘Valência’ (B) e ‘Folha Murcha’ (C), com cinco anos de idade, enxertadas em citrumeleiro Swingle. Em A, B e C, a linha preta representa a variação na média de brotos V1 a V5 por planta, e linha vermelha a variação na média do índice de favorabilidade relativa à reprodução de *Diaphorina citri* (IFR) (total de dez plantas por data de avaliação). Em D, dados climáticos diários mostrando em linha vermelha temperatura máxima, linha azul temperatura mínima e área em preto o acumulado de chuva (mm).

Tanto a dinâmica de brotação como a dinâmica de IFR foram similares para as três variedades (Figura 4). A área abaixo da curva do IFR ( $AAC_{IFR}$ ) foi significativamente

influenciada pela variedade copa, sendo maior na ‘Pera’ do que na ‘Valência’ ou ‘Folha Murcha’ (Tabela 2).

**Tabela 2.** Área abaixo da curva do índice de favorabilidade à reprodução de *Diaphorina citri* ( $AAC_{IFR}$ ) e número de dias nos quais foram detectados brotos nas variedades ‘Pera’, ‘Valência’ e ‘Folha Murcha’.

Variedade	$AAC_{IFR}$	Nº dias (Brotos)
‘Pera’	$0,4796 \pm 0,106$	171
‘Valência’	$0,3019 \pm 0,213$	136
‘Folha Murcha’	$0,2276 \pm 0,201$	93

Nem sempre houve relação entre quantidade de brotos e valor de IFR, ou seja, existem casos em que o número de brotos é baixo e o IFR é alto. Isto se deve à variação nos tipos de brotos presentes e à grande diferença nos pesos relativos de cada broto à reprodução de *D. citri*, sendo maior o peso quanto mais jovem for o broto.

O clima afetou a brotação. Os picos (fevereiro e agosto) sempre surgiram após ou durante períodos de chuva e temperaturas mais elevadas (Figura 4). Os primeiros picos surgiram depois de acumulados 114 mm de chuva e temperaturas máximas e mínimas entre  $\pm 32,2$  e  $20,4^\circ$  C. Já no período com baixa ocorrência de brotos (abril a agosto) o acumulado de chuvas foi de 121 mm e as temperaturas máximas e mínimas não ultrapassando os  $27,0^\circ$  C e  $16^\circ$  C respectivamente. A análise de regressão, no entanto, não mostrou associação forte entre IFR e variáveis climáticas ( $R^2$  não ultrapassou os 20%). O pequeno número de dados e a baixa variabilidade de dados podem ter contribuído para isto.

Neste trabalho, conduzido no Estado do Paraná, as condições climáticas foram similares às encontradas por Oliveira (2017) no estado de São Paulo, ou seja, menores quantidades de chuva e temperaturas mais baixas no outono/inverno. A ocorrência de picos de IFR e brotação também seguiram o mesmo padrão dos observados por Oliveira (2017), com maiores valores de IFR para a variedade ‘Pera’ que para ‘Valência’ e ‘Folha Murcha’. Nesse estudo, a variedade ‘Pera’ foi a que mais brotou (nº de brotos) em relação às demais, indicando que o controle do psilídeo deveria ser mais frequente nesta variedade do que nas demais (‘Valência’ e ‘Folha Murcha’). A maior favorabilidade da ‘Pera’ ao inseto ajuda a explicar a maior incidência do HLB nesta variedade que, nas propriedades estudadas, no primeiro trimestre de 2019 chegou a 15%, contra 4,2% na ‘Valência’ e 3,5% na ‘Folha Murcha’.

### 3.2 Crescimento e desenvolvimento do broto

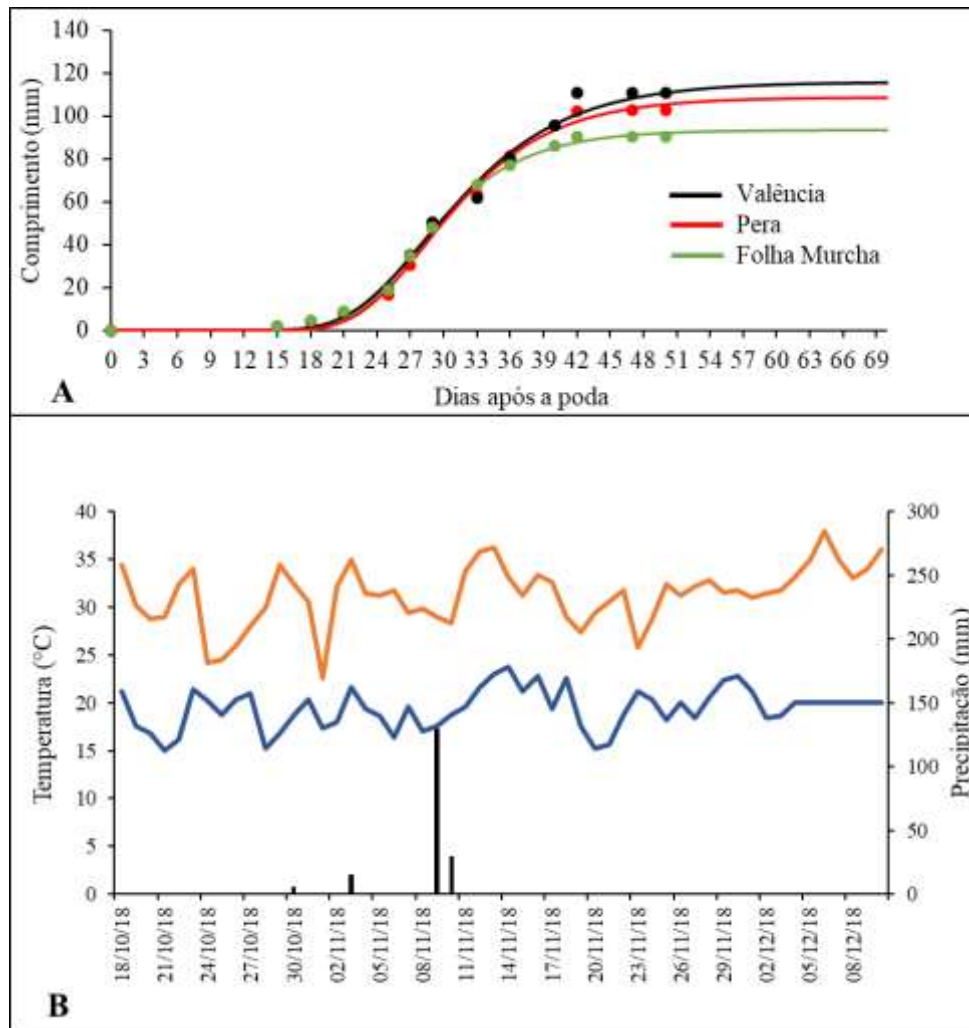
Nas avaliações realizadas no período de 18/10 a 08/12 de 2018 houve um bom ajuste do modelo de Gompertz para descrever o crescimento dos brotos nas três variedades de laranjeira avaliadas, com coeficiente de determinação médio de 97,3% (Tabela 2 e Figura 5). O tamanho final estimado do broto de ‘Folha Murcha’ ( $93,77 \pm 1,50$  mm) foi significativamente menor do que o de ‘Pera’ ( $109,08 \pm 3,05$ ) ou ‘Valência’ ( $115,82 \pm 2,25$ ). A taxa máxima de crescimento foi maior na ‘Folha Murcha’ ( $0,19 \pm 0,01$  mm/dia) do que na ‘Valência’ ( $0,15 \pm 0,00$ ). O tempo para que a taxa máxima de crescimento fosse atingida ( $26,98 \pm 0,15$  dias) foi 1,5 dias menor na ‘Folha Murcha’ que na ‘Valência’ ou ‘Pera’ (Tabela 3).

**Tabela 3.** Parâmetros da regressão não linear realizada para descrever o crescimento dos brotos em copas da laranjeira ‘Valência’, ‘Folha Murcha’ e ‘Pera’ com 5 anos de idade, enxertadas sobre citrumeleiro Swingle, sob condição de sequeiro na região Noroeste do estado do Paraná, Brasil.

	Parâmetros <sup>x</sup>			Estatísticas do modelo <sup>y</sup>		
	Tamanho Máximo Estimado (A)	Taxa de Crescimento (K)	Taxa Máxima de Crescimento ( $T_i$ )	F	P	$R^2_{aj}$
2018						
Folha M.	$93,77 \pm 1,50$ b	$0,19 \pm 0,01$ a	$26,98 \pm 0,15$ b	7837,2	<0,01	98,51
Pera	$109,08 \pm 3,05$ a	$0,17 \pm 0,01$ ab	$28,47 \pm 0,34$ a	2436,1	<0,01	95,71
Valência	$115,82 \pm 2,25$ a	$0,15 \pm 0,00$ b	$28,5 \pm 0,32$ a	6844,6	<0,01	97,69
$F_{2,27}$ <sup>z</sup>	23,02	6,66	9,38			
$P$ <sup>z</sup>	<0,0001	0,0045	0,0008			
2019						
Folha M.	$88,5 \pm 4,17$ a	$0,27 \pm 0,02$ a	$25,4 \pm 0,49$ b	2039,4	<0,01	89,62
Pera	$104,92 \pm 3,54$ a	$0,14 \pm 0,01$ b	$32,04 \pm 0,74$ a	2117,1	<0,01	92,73
Valência	$107,86 \pm 8,23$ a	$0,24 \pm 0,01$ a	$25,2 \pm 0,47$ b	916,6	<0,01	79,72
$F_{2,27}$ <sup>z</sup>	3,34	22,98	45,16			
$P$ <sup>z</sup>	0,0504	<0,0001	<0,0001			

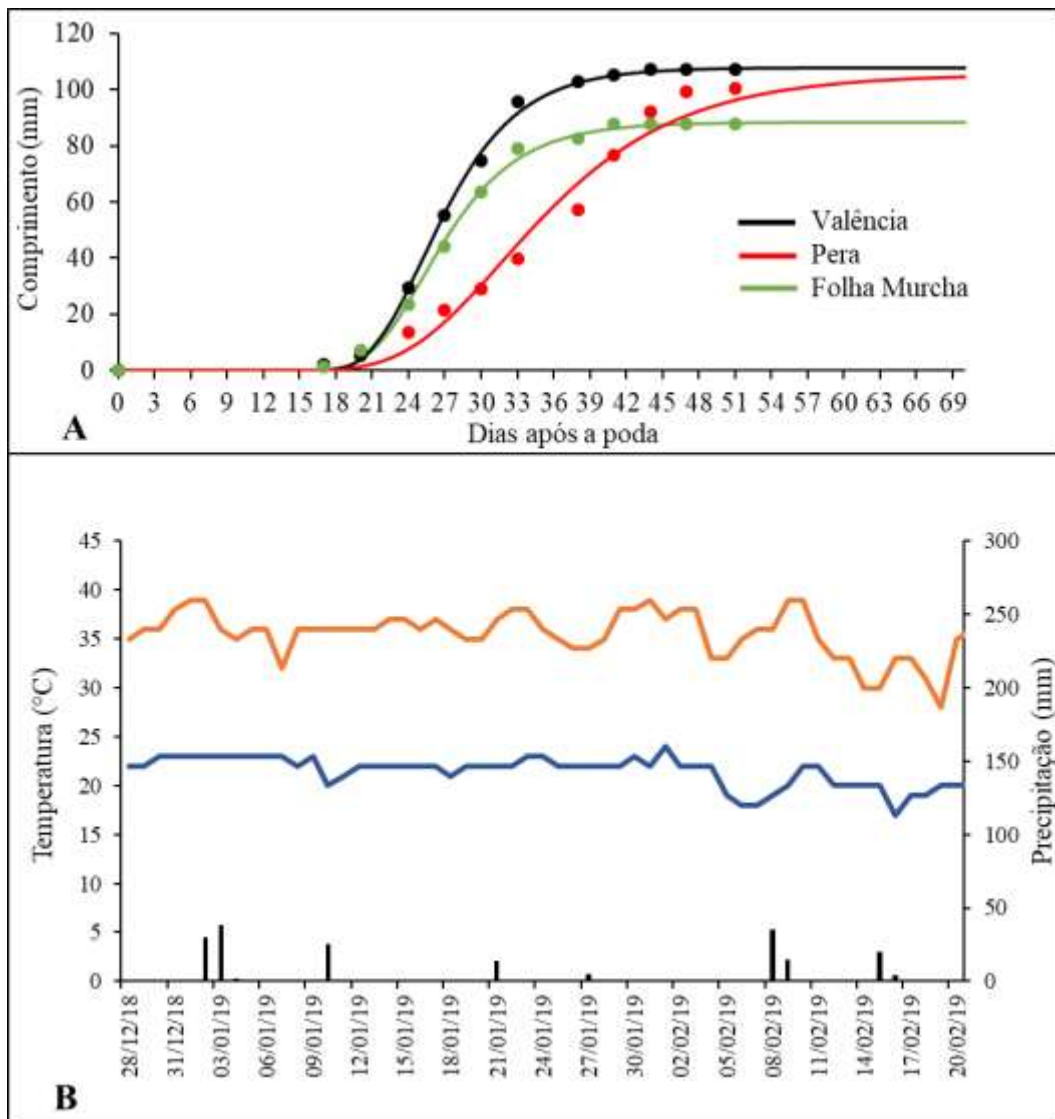
<sup>x</sup> valores médios ( $\pm$  erro padrão da média) dos parâmetros do modelo Gompertz estimados para cada repetição (n = 10 brotos). <sup>y</sup> estatísticas do modelo Gompertz ajustado ao conjunto de 10 brotos dentro de cada variedade de copa ( $R^2_{aj}$ : coeficiente de determinação ajustado). <sup>z</sup> valores F e P da análise de variância sob média de valores dos parâmetros; médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey (p<0,05).





**Figura 5.** A. Curvas de crescimento de brotos em três variedades de laranja. O modelo de Gompertz (linhas) foi aplicado aos valores observados (pontos), sendo cada ponto representando o comprimento médio de brotos em dez plantas. Em B, dados climáticos diários, mostrando em linha vermelha temperatura máxima, linha azul temperatura mínima e área em preto o acumulado de chuva observados no período de 18/10 a 08/12 de 2018.

Nas avaliações do período de 28/12 de 2018 a 20/02 de 2019 também houve um bom ajuste do modelo Gompertz para descrever o crescimento dos brotos nas três variedades, porém a maior variabilidade dos dados resultou em coeficientes de determinação menores, com média de 87,4% (Tabela 3 e Figura 6). O tamanho médio estimado do broto foi de 100,4 mm, sem diferenças significativas entre as variedades. A taxa máxima de crescimento ( $0,14 \pm 0,01$  mm/dia) foi significativamente menor na ‘Pera’ do que na ‘Folha Murcha’ ( $0,27 \pm 0,02$ ) ou na ‘Valência’ ( $0,24 \pm 0,01$ ), e o tempo em que essa taxa máxima de crescimento foi atingida foi significativamente maior na ‘Pera’ ( $32,04 \pm 0,74$ ) (Tabela 2).



**Figura 6** A. Curvas de crescimento de brotos em três variedades de laranja. O modelo de Gompertz (linhas) foi aplicado aos valores observados (pontos), sendo cada ponto representando o comprimento médio de brotos em dez plantas. Em B, dados climáticos diários, mostrando em linha vermelha temperatura máxima, linha azul temperatura mínima e área em preto o acumulado de chuva observados no período de 28/12 de 2018 a 20/02 de 2019.

Neste trabalho foi caracterizado o desenvolvimento vegetativo das variedades comerciais mais utilizadas no Paraná – ‘Pera’, ‘Valência’ e ‘Folha Murcha’. Foram registrados diariamente temperatura e umidade relativa. No experimento realizado em 2018, o período necessário para a maturação do broto, avaliado a partir da indução da brotação até a estabilização de crescimento (V5), foi de 51 dias. No período a média das temperaturas médias, máximas e mínimas foram de 25° C, e 31,8° C e 19,7° C, respectivamente, e o acumulado de chuvas de 118 mm, com maior incidência de chuvas já no estágio V3. Já no experimento

realizado em 2019, o período de maturação do broto foi de 37 dias. No período a média das temperaturas médias, máximas e mínimas foram de 28° C, 35° C e 21° C, respectivamente, e o acumulado de chuvas de 81 mm, com incidência maior no período entre a poda e os estádios iniciais de desenvolvimento (V1 e V2).

Nota-se, portanto, que em 2019 a temperatura média foi 3°C superior e a chuva inferior em 63 mm em relação a 2018, porém, com maior concentração de chuvas no período de desenvolvimento do broto (V3), contrário do que ocorreu em 2018, no qual as chuvas ocorreram antes da emergência dos brotos e durante todo período de avaliação. Cifuentes-Arenas et al. (2016), estimou os requerimentos térmicos da brotação em citros, desde sua indução até a maturação e a emissão natural do seguinte fluxo vegetativo. O autor verificou que a temperatura influenciou significativamente cada uma das fases de desenvolvimento assim como a duração total do ciclo (do estágio V1 ao fim do V6), acelerando o processo de maturação. Neste estudo, a maior temperatura em 2019 deve ter contribuído para acelerar os processos de maturação do broto. No experimento de 2018 o tamanho final do broto da variedade ‘Folha Murcha’ foi significativamente menor (-49,6%) em relação a ‘Pera’ e ‘Valência’. Desta forma, podemos considerar que o controle químico pode apresentar maior eficiência no controle do psilídeo na ‘Folha Murcha’ do que na ‘Pera’ ou ‘Valência’, assumindo-se, neste caso, que a proteção do broto por inseticidas não acompanha a expansão dos tecidos (De Carli et al., 2018).

A menor taxa de crescimento na variedade ‘Pera’ em 2019 pode também estar associada à sua maior produtividade (1.300 caixas por hectare) em relação à da ‘Folha Murcha’ e ‘Valência’ (800 e 650 caixas/ha). A maior produção pode ter causado maior competição por nitrogênio e carboidratos entre frutos e brotos, como observado na variedade ‘Bahia’ por Syvertsen et al., (2003).

### **3.3 Estádio de desenvolvimento do broto e efetividade de inseticidas no controle do psilídeo**

No primeiro período de confinamento (0 a 5 DAP) foi observado interação significativa entre os tratamentos e o estágio do broto, para os experimentos realizados em 2018 e 2019 (2018:  $F = 45,89$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,0075$ ; 2019:  $F = 39,57$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p < 0,0001$ ). Este fato pode ser consequência por não ter ocorrido expansão foliar e causado a morte dos psilídeos pois foram confinados duas horas após a pulverização. Somente o imidaclopride ( $58,3 \pm 8,33$ ) no experimento de 2018 apresentou diferença significativa com mortalidade abaixo de 80%.

Em 2018, dimetoato causou maior mortalidade de adultos no estágio V2 do que

imidacloprido, sendo ambos maiores do que o controle (água) (V2:  $F = 38,61$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ; V4:  $F = 49,99$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ). Quanto ao estágio V6, ambos os inseticidas causaram a mesma mortalidade, porém continuaram significativamente superior ao controle (V6:  $F = 37,34$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ) (Tabela 4).

Em 2019, ambos os inseticidas provocaram alta mortalidade de adultos (>90%) em todos os estádios de broto avaliados e foram significativamente superior ao controle, 4,4 vezes maior (V2:  $F = 52,29$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ; V4:  $F = 107,12$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ; V6:  $F = 186,20$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ). Tanto o dimetoato ( $F = 0,00$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p = 1$ ) quanto ao imidacloprido ( $F = 1,09$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p = 0,3462$ ) causaram mortalidade acima de 91% independentemente do estágio do broto, porém, a aplicação de água na testemunha teve diferença na mortalidade nos diferentes estádios vegetativos (Tabela 4).

No confinamento de 5 a 10 DAP em 2018, o imidacloprido teve sua eficácia reduzida por conta do crescimento do broto tanto nos estádios V2 ( $F = 28,22$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ) quanto no V4 ( $F = 18,70$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ), sendo igual ao controle, mas se manteve alta no estágio V6 sendo igual ao dimetoato ( $F = 15,46$ ;  $gl = 2, 45$ ;  $p < 0,0001$ ), indicando que houve interação significativa entre o estágio do broto e o produto aplicado em 2018 ( $F = 2,83$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,0354$ ). Tanto com a aplicação de dimetoato ( $F = 0,43$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,6544$ ) quanto com a da água ( $F = 0,43$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,6544$ ) a mortalidade de adultos foi independente do estágio do broto, porém quando aplicado o imidacloprido a mortalidade foi significativamente maior no broto V6 ( $F = 7,21$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,0019$ ) (Tabela 3). Em 2019, também foi observada interação significativa entre o estágio do broto e o inseticida aplicado ( $F = 3,50$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,0143$ ).

No confinamento de 10 a 15 DAP, observou-se a interação significativa entre o estágio de broto e o produto aplicado apenas no teste realizado em 2018 ( $F = 73,62$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,0032$ ). A aplicação de dimetoato nos brotos em estádios V2 teve sua eficácia reduzida e foi igual à do imidacloprido e o controle ( $F = 2,08$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,1372$ ), enquanto que no estágio V4 o dimetoato teve sua eficácia reduzida, mas ainda foi maior do que o imidacloprido ou o controle ( $F = 6,64$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,0030$ ).

Neste último confinamento, tanto o dimetoato ( $F = 2,33$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,1086$ ) quanto a água ( $F = 1,26$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,2945$ ) causaram a mesma proporção de mortalidade entre os diferentes estádios de desenvolvimento dos brotos, com médias de 30,6% e 11,1% respectivamente. Em contraste, o imidacloprido causou maior mortalidade de adultos no estágio V6 ( $F = 22,33$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p < 0,0001$ ). Em 2019, não houve interação significativa entre o estágio de broto e o produto aplicado ( $F = 0,73$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,5766$ ), sendo que a mortalidade

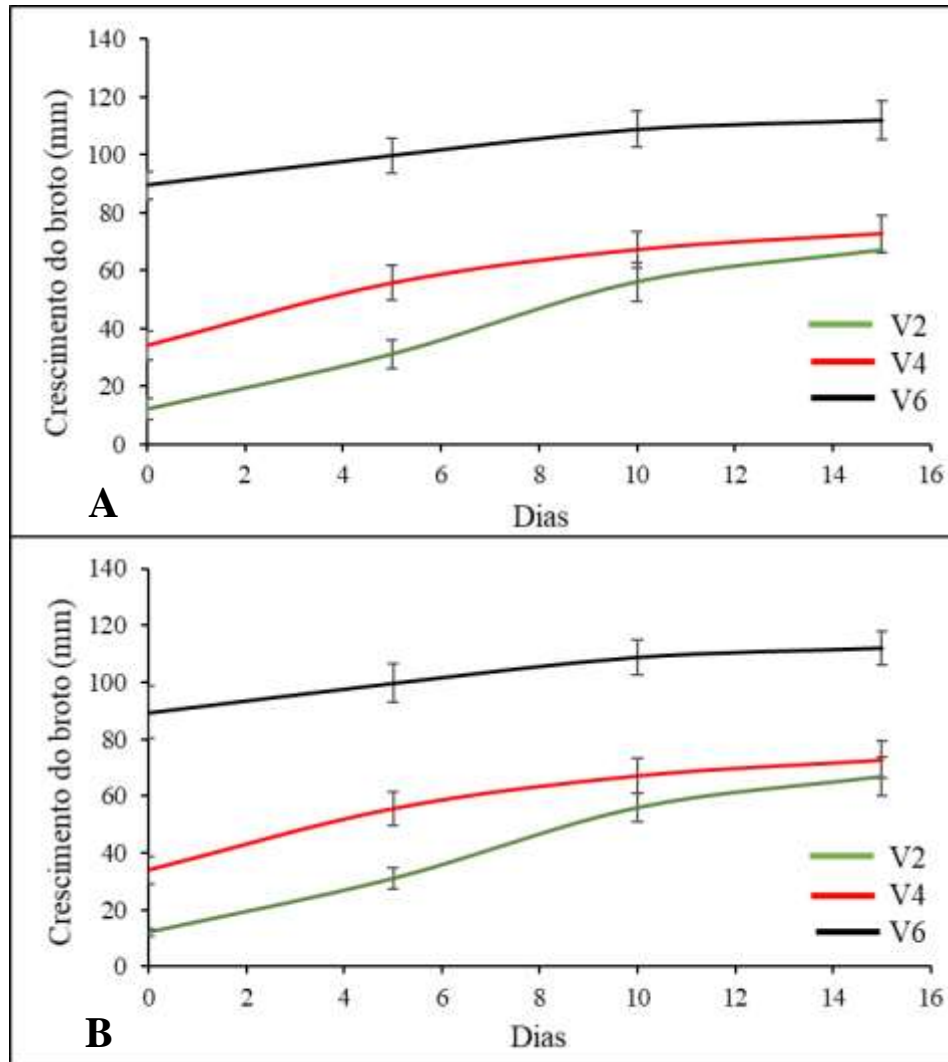
de adultos foi maior nos brotos em estágio V6 ( $F = 6,92$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p = 0,0024$ ) e quando aplicado o dimetoato ( $F = 13,73$ ;  $gl = 4, 53$ ;  $p < 0,0001$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Mortalidade de adultos de *Diaphorina citri* depois de 5 dias de exposição a brotos de *Citrus sinensis* variedade ‘Pera’ em diferentes estádios de desenvolvimento e tratados com diferentes inseticidas, em condições de campo.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a./L)	Mortalidade (%) <sup>z</sup>								
		0 a 5 DAP <sup>a</sup>			5 a 10 DAP			10 a 15 DAP		
		V2	V4	V6	V2	V4	V6	V2	V4	V6
2018										
Dimetoato	450	96,7 ± 3,33Aa	100,0 ± 0,00Aa	100,0 ± 0,00Aa	88,3 ± 4,77Aa	80,0 ± 6,83Aa	80,0 ± 3,65Aa	20,0 ± 8,16Aa	35 ± 5,63Aa	36,7 ± 10,85Aab
Imidacloprido	40	58,3 ± 8,33Bb	81,7 ± 6,01Ab	95,0 ± 2,24Aa	28,3 ± 8,72Bb	26,7 ± 6,15Bb	61,7 ± 11,38Aa	5,0 ± 3,42Ba	6,7 ± 4,22Bb	55,0 ± 6,19Aa
Testemunha	-	33,3 ± 7,60Ac	30,0 ± 5,77Ac	43,3 ± 4,94Ab	15,0 ± 5,63Ab	23,3 ± 9,19Ab	23,3 ± 6,67Ab	5,0 ± 2,24Aa	10,0 ± 5,16Ab	18,3 ± 3,07Ab
2019										
Dimetoato	450	100,0 ± 0,00Aa	100,0 ± 0,00Aa	100,0 ± 0,00Aa	71,7 ± 6,01Ba	68,3 ± 9,10Ba	98,3 ± 1,67Aa	31,7 ± 4,77Ba	33,3 ± 3,33Ba	56,7 ± 10,22Aa
Imidacloprido	40	91,7 ± 4,01Aa	98,3 ± 1,67Aa	100,0 ± 0,00Aa	35,0 ± 8,06Bb	38,3 ± 6,01Bb	80,0 ± 6,83Aa	11,7 ± 7,92Bb	8,3 ± 3,07Bb	28,3 ± 5,43Ab
Testemunha	-	43,3 ± 5,58Ab	23,3 ± 10,54Bb	0,0 ± 0,00Cb	33,3 ± 8,43Ab	15,0 ± 5,00Ab	25,0 ± 10,57Ab	18,3 ± 4,77Bb	15,0 ± 8,47Bb	23,3 ± 4,22Ab

<sup>a</sup>DAP, dias após a pulverização. <sup>z</sup>Mortalidade (%), porcentagem de insetos mortos de adultos de *Diaphorina citri*.

Valores médios (± EP) seguidas pela mesma letra maiúscula (entre linhas) ou minúsculas (entre colunas) diferem significativamente (GLM com distribuição quase binomial, seguido de teste Tukey para separação de médias  $p < 0,05$ )



**Figura 7.** Curva de crescimento do broto (mm/dia) da variedade ‘Pera’ (média por planta de um total de 18 plantas, por data de avaliação), experimentos realizados em 2018 (A) e 2019 (B).

Nos confinamentos realizados a 5 e 10 DAP, a mortalidade dos psilídeos foi significativamente menor nos estádios V2 e V4 em relação ao V6 em todos os experimentos. As brotações tinham crescido 100% (V2), 30% (V4) em 2018 e 120% (V2), 40% (V4), na repetição em 2019 (Figura 7). Apesar do crescimento dos brotos o inseticida dimetoato manteve um bom controle de até 10 dias de avaliação em todos os experimentos. Já o inseticida imidacloprido reduziu o controle do psilídeo em 30% e 60% nos experimentos de 2018 e 2019, respectivamente.

O resultado desta pesquisa evidenciou que os menores períodos residuais em brotações foram pulverizados com imidacloprido (< 1 semana), e que o dimetoato resultou em um controle eficaz do inseto após o crescimento dos brotos, corroborando com o trabalho de De Carli et al (2018).

Apenas o dimetoato resultou em um controle eficaz nas brotações jovens V2 e V4, por

ser mais duradouro em brotos e conseqüentemente poderia ser aplicado em períodos de intensa brotação e, de acordo com De Carli et al., (2018), aplicado também em períodos de chuvas.

No trabalho de Cifuentes-Arenas et al. (2018), e no presente trabalho, os brotos demoram aproximadamente um mês para sua maturação completa e, com base nos resultados, seria necessário realizar de 3 a 4 aplicações de inseticida no intervalo de no máximo 10 dias, durante o período de maior fluxo vegetativo, para garantir a eficácia de controle de psilídeos. Já o imidacloprido em períodos de baixa ocorrência de brotação, considerando que o menor período residual deste inseticida permite o estabelecimento do inseto vetor, causando maior risco de disseminação da doença nos pomares.

De maneira geral os pomares comerciais do estado do Paraná fazem o controle da *D. citri* de forma calendarizada em intervalos de 15 e 30 dias. Nesta situação, há probabilidade de desenvolver o inseto dentro das propriedades. Mesmo em áreas com este sistema de calendário pode ocorrer incidência alta de HLB nas bordas da propriedade, fato possível devido à dispersão de *D. citri* oriundo de áreas não comerciais (fundo quintal e pomares abandonados contendo HLB) para pomares comerciais (Bassanezi & Montezino, 2013). Assim, pulverizações adicionais durante o período de brotação são importantes para reduzir o risco de disseminação da doença, sendo uma alternativa eficaz para o controle de bordas, onde a *D. citri* inicia a colonização (Sétamou & Bartels, 2015).



## 4. CONCLUSÃO

Para as condições do norte do Paraná, a dinâmica de brotação foi similar para as variedades ‘Pera’, ‘Valência’ e ‘Folha Murcha’. No entanto, na ‘Pera’ a quantidade e frequência de ocorrência de brotos favoráveis ao psilídio foi maior que nas outras variedades. A ‘Pera’ foi também a variedade usada no estudo de efetividade de dois inseticidas para o controle do psilídeo. Confirmou-se que o crescimento dos brotos afeta negativamente a efetividade das pulverizações de inseticidas.

No norte do Paraná, as pulverizações têm sido feitas com intervalos de 15 a 30 dias entre si, o que não têm sido suficientes para proteger as plantas de novas infecções, com a variedade ‘Pera’ sendo mais afetada do que a ‘Folha Murcha’ ou ‘Valência’. Os resultados obtidos com esta pesquisa ajudam a explicar o ocorrido. A maior quantidade e frequência de brotos favoráveis ao vetor observados nesta variedade faz dela a mais vulnerável a novas infecções.

Independentemente das diferenças observadas entre as variedades, esta pesquisa confirmou que a frequência de aplicações de inseticidas no norte do Paraná deve ser revista e aprimorada. Deve ser focada nas brotações, mas tomando-se o cuidado em diminuir para no máximo uma semana os intervalos entre pulverizações, principalmente nos momentos de rápido crescimento dos brotos.

Os resultados oriundos deste trabalho estão auxiliando diretamente no manejo de HLB pelos produtores do noroeste paranaense. No período em que as plantas se encontram com brotos em estádios vegetativos predominantemente jovens, deve-se pulverizar com maior frequência, pois a ação dos inseticidas é reduzida principalmente em decorrência da redução do efeito protetivo causada pela expansão dos tecidos.

## REFERÊNCIAS

- ADAPAR – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. 2017. **A citricultura no Paraná**. <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/citricultura/anos-antiores/citricultura-no-parana>>. Acesso em: 20 set. 2018.
- Associação Nacional de Exportadores de Sucos Cítricos. 2018. **Estatísticas de exportação**. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/destaques/?id=312538>>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gasparoto, M.C.G., Bergamin Filho, A., Amorim, L. 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology** 130(4):577-586.
- Bassanezi, R.B.; Montesino, L.H. 2013. Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus huanglongbing epidemics. **Crop Protection** 52:72-77.
- Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 88:7-37.
- Capoor, S.P., Rao, D.G., Viswanath, S.M. 1967. *Diaphorina citri* Kuwayana, a vector of greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Agricultural Sciences** 37:572-576.
- Castro, M.E.A., Bezerra, A.R., Leite, W.A., Nogueira, N.D. 2010. Situação e ações do estado de Minas Gerais frente ao Huanglongbing. **Citrus Research & Technology** 31:163-168.
- Cifuentes-Arenas, J.C. 2017. Huanglongbing e *Diaphorina citri*: relações patógeno-vetor-hospedeiro. 131 f. **Tese de Doutorado**. Jaboticabal, SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- Cifuentes-Arenas, J.C., Oliveira, H.T., Góes, A., Miranda, M.P., Lopes, S.A. 2016. Monitoring citrus flush shoot ontogeny as a potential strategy for HLB and psyllid management. **International Organization of Citrus Virologists (IOCV)**. Chongqing. 2016. p. 91-102.
- Cifuentes-Arenas, J.C., Góes, A., Miranda, M.P., Beattie, G.A.C., Lopes, S.A. 2018. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **PLoS ONE** 13(1):e0190563.
- Coletta-Filho, H.D., Targon, M.L.P.N., Takita, M.A., De Negri, J.D., Pompeu, J., Machado, M. A., Amaral, A.M., Mullher, E.G.W. 2004. First report of the causal agent of huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease** 88:1382-1382.
- De Carli, L.F., Miranda, M.P., Volpe H.X L., Zanardi O.Z., Vizoni M.C., Martini F.M., Lopes J.P.A. 2018. Leaf age affects the efficacy of insecticides to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology** 142(7):689- 695.
- DERAL – Departamento de Economia Rural do Paraná. 2018. **Paraná é o terceiro maior produtor de laranja do país**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/caminhos-do-campo/noticia/parana-e-o-terceiro-maior-produtor-de-laranja-do-pais-diz-deral.ghtml>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

FNP Consultoria & Comércio. 2017. Citros. In:\_\_\_\_\_. **Agrianual 2017**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Informa Economics FNP. p. 225-235.

Fundo de Defesa da Citricultura 2018. **Os dez mandamentos do HLB**. Disponível em: <[https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/revista\\_detalhes/revista-citricultor--edicao-28/31](https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/revista_detalhes/revista-citricultor--edicao-28/31)>. Acesso em 4 de jul. 2019.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2019. **Inventário de árvores e estimativa de Safra**. Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

Martinez A.L, Wallace J.M. 1967. Citrus leaf mottle-yellows disease in the Philippines and transmission of the causal virus by a psyllid, *Diaphorina citri*. **Plant Disease** 51:692-695.

Meneguim, L., Buassi, M., Vilas-boas, L.A., Marques, V.V., Paccola-meirelles, L.D., Leite, J.R. 2008. Ocorrência de ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ agente causal do Huanglongbing no estado do Paraná. **Tropical Plant Pathology** 33:100.

Nelder, J.A., Wedderburn R.W.M. 1972. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society** 135(3):370-384.

Oliveira, H.T. 2017. Dinâmica de brotação em diferentes combinações de copa e porta-enxerto de citros em área irrigada e não irrigada. 37 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.

Parra, J.R.P., Lopes, J.R.S., Gomez-Torres, M.L., Nava, D.E., Paiva, P.E.B. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. **Citrus Research and Technology** 31(1):37-51.

Patt, J.M., Sétamou, M. 2010. Responses of the asian citrus psyllid to volatiles emitted by the flushing shoots of its rutaceous host plants. **Environmental Entomology** 39(2):618-624.

PIMENTEL-GOMES, F. 2009. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq. 451 p.

R Core Team. 2014. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena, Austria R Foundation for Statistical Computing 2014. Disponível em: <<http://www.rproject.org/>>. Acesso em: 5 jan. 2019.

Sétamou, M., Bartels, D.W. 2015. Living on the edges: spatial niche occupation of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in citrus groves (RP Niedz, Ed. by). **PLoS ONE** 10:1-21.

Shaner, G., Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology** 67:1051-1056.

Syvertsen, J.P., Goni, C, Otero, A. 2003. Fruit load and canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of ‘Spring’ navel orange trees. **Tree Physiology** 23:899-906.

Teixeira, D.C., Ayres, A.J., Kitajima, E.W., Tanaka, F.A.O., Danet, J.L., Jagoueix-Eveillard, C., Bové, J.M. 2005. First Report of a Huanglongbing-like disease of Citrus in Sao Paulo State, Brazil, and association of a new Liberibacter species, "*Candidatus Liberibacter americanus*", with the disease. **Plant Disease** 89:107.

Tjørve, K.M.C., Tjørve, E. 2017. The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. **PLoS ONE** 12(6):e0178691. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178691>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

Videira, N.; Branco, M.; Rosa, M. 2015. A review of invasive alien species impacts on eucalypt stands and citrus orchards ecosystem services. **Towards an integrated management approach** (149):1-294.

Yamamoto, P.T., Felipe, M.R., Sanches, A.L., Coelho, J.H.C., Garim, L.F., Ximenes, N.L. 2009. Eficácia de Inseticidas para o Manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em Citros. **BioAssay** 4(4):1-9.