

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM FITOSSANIDADE DOS  
CITROS**

**IGOR MAEHARA PEREIRA PINHO**

**Modelos de turbopulverizadores: qualidade da pulverização,  
eficácia e custo no controle do ácaro *Brevipalpus yothersi* e da  
leprose dos citros**

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

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

**Araraquara  
Março 2021**

**IGOR MAEHARA PEREIRA PINHO**

**Modelos de turbopulverizadores: qualidade da pulverização,  
eficácia e custo no controle do ácaro *Brevipalpus yothersi* e da  
leprose dos citros**

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

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

**Araraquara  
Março 2021**

## **IGOR MAEHARA PEREIRA PINHO**

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

Araraquara, 29 de março de 2021.

### **BANCA EXAMINADORA**

Dr. Renato Beozzo Bassanezi (Orientador)  
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP

Dr. Daniel Junior de Andrade  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Jaboticabal/SP

Dr. Hamilton Humberto Ramos  
Centro de Engenharia e Automação – IAC, Jundiaí/SP

## **DEDICATÓRIA**

Para todo o setor citrícola. Que essa obra possa auxiliar na busca de soluções para o manejo de uma das principais doenças, que provoca grandes prejuízos e tem o seu controle cada vez mais difícil.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Amandio Manoel Pereira Pinho e Clara Maehara Pinho, pela minha existência, ensinamentos, apoio e carinho ao longo de toda minha vida. Ao meu irmão Thiago Maehara Pereira Pinho, pela parceria e ensinamentos, ao longo de todos esses anos.

À empresa Terral Agricultura e Pecuária S.A., pela liberação e oportunidade de realizar o curso do mestrado.

Ao Fundo de Defesa da Citricultura – Fundecitrus, pela estrutura e organização do curso de mestrado, a todos os professores e funcionários que colaboraram com as aulas, atividades, auxílio em diversas etapas e todos os conhecimentos instruídos. A todos os amigos feitos ao longo do curso, pelo auxílio, parceria e troca de informações.

Ao meu orientador Dr. Renato Beozzo Bassanezi, pela dedicação, orientação, apoio nas mais diversas etapas deste trabalho, conhecimentos passados ao longo das aulas do mestrado e durante todo o andamento desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade e a MSc. Jaqueline Franciosi Della Vechia, por toda prestatividade, empenho e auxílio na condução do experimento de mortalidade de ácaros.

Ao MSc. Marcelo da Silva Scapin, pelo auxílio e colaboração nas análises de cobertura e deposição de calda realizadas nesse trabalho e pelas contribuições dadas na banca de qualificação.

Ao Dr. Wellington Ivo Eduardo pelas contribuições dadas na banca de qualificação.

Ao Engenheiro Agrônomo Samuel de Moura Silva e toda a equipe de Epidemiologia do Fundecitrus, por toda a ajuda na montagem e condução dos experimentos de campo.

A toda a equipe de funcionários da fazenda onde o trabalho foi realizado, que foram essenciais para a montagem e condução desse trabalho.

## **Modelos de turbopulverizadores: qualidade da pulverização, eficácia e custo no controle do ácaro *Brevipalpus yothersi* e da leprose dos citros**

**Autor:** Igor Maehara Pereira Pinho

**Orientador:** Dr. Renato Beozzo Bassanezi

### **Resumo**

A redução da população do ácaro *Brevipalpus yothersi* por meio da pulverização de acaricidas é a principal medida para o controle da leprose dos citros. Diferentes turbopulverizadores em pulverização unilateral ou bilateral podem ser utilizados. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar o controle de *B. yothersi* e da leprose, qualidade da pulverização, capacidade de campo e custo operacional proporcionados por três modelos de turbopulverizadores (FMCopling® Guliver 4000 em pulverização bilateral, Jacto® Arbus Valência 4000 em pulverização bilateral e Jacto® Arbus Valência 4000 com defletor do tipo voluta em pulverização unilateral), aplicando 150 mL de calda.m<sup>-3</sup> de copa. Os experimentos foram realizados em talhões de laranja 'Valência' sobre citrumelo 'Swingle' com 9 a 10 anos de idade, no município de Colômbia/SP. Foram realizados dois experimentos para a avaliação da eficácia de controle do ácaro (tempo para o ácaro não ser detectado nas avaliações e período de controle até a presença do ácaro em 5% dos órgãos inspecionados) e da doença (incidência de plantas e frutos com sintomas de leprose). No experimento 1, também foi avaliada a cobertura em papel hidrossensível e a deposição de cobre na folha em diferentes posições no interior da copa das plantas. No experimento 1 foi utilizado o acaricida espirodiclofeno e, no experimento 2, o ciflumetofem. Nos dois experimentos não houve diferença entre os equipamentos e tipo de pulverização para as variáveis relacionadas ao controle do ácaro e da doença. Dentro de cada posição da planta, as coberturas de pulverização não foram diferentes entre os equipamentos e tipos de pulverização, exceto na saia onde a cobertura foi menor com o Jacto unilateral. Para o Jacto unilateral e bilateral, as coberturas foram similares em todas as posições. Para o FMCopling, o terço médio apresentou a menor média de cobertura. A deposição foi menor para o FMCopling bilateral que para o Jacto bilateral e unilateral nos terços superior e médio da planta, enquanto que no terço inferior uma menor deposição foi observada para o Jacto unilateral. Para o FMCopling, a deposição foi maior no terço inferior e, para o Jacto unilateral, a maior deposição foi no terço superior, enquanto que para o Jacto bilateral a deposição foi similar em todas as posições. Outros dois experimentos avaliaram, em diferentes posições na parte interna da copa, a cobertura em papel hidrossensível e a mortalidade de ácaros confinados em folhas destacadas previamente e pulverizadas no campo com o ciflumetofem. As médias de cobertura de pulverização não diferiram entre os equipamentos e o tipo de pulverização, sendo geralmente maior no terço inferior da copa que no terço médio. Quanto à mortalidade de ácaros não houve diferença entre os equipamentos e os tipos de pulverização, nem entre as posições. Para todos os equipamentos e os tipos de pulverização, a cobertura de pulverização foi acima de 50% em todas as posições da copa e a mortalidade foi superior a 98 % ao terceiro dia após a transferência dos ácaros. Os custos médios de pulverização de cada tratamento foram calculados nos experimentos 1 e 2, e foi apenas de 10 a 14% maior para a pulverização unilateral comparado com a pulverização bilateral apesar da capacidade de campo operacional efetiva da pulverização bilateral ter sido cerca de duas vezes maior que a pulverização unilateral. Isso ocorreu porque o custo do acaricida representou mais de 75% do custo total da pulverização. Para as condições de pomar em que o trabalho foi realizado, todos os equipamentos e os tipos de pulverização apresentaram eficácia semelhante no controle do ácaro da leprose e da doença,

e que a escolha entre eles deve ser feita com base na capacidade de campo operacional e nos custos de aquisição, manutenção e operação.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis*, ácaro da leprose dos citros, tecnologia de aplicação, capacidade operacional.

## **Airblast sprayer models: spray quality, efficiency and costs in the control of *Brevipalpus yothersi* mite and citrus leprosis**

**Author:** Igor Maehara Pereira Pinho  
**Advisor:** Dr. Renato Beozzo Bassanezi

### **Abstract**

The decrease in the *Brevipalpus yothersi* mite population through the application of acaricides is the main measure for the citrus leprosis control. Different airblast sprayers in unilateral or bilateral spraying can be used. Thus, this work aimed to compare the control efficiency of *B. yothersi* and citrus leprosis, spray quality, operational field capacity, and operational cost provided by three airblast sprayers (FMCopling® Guliver 4000 in bilateral spraying, Jacto® Arbus Valência 4000 in bilateral spraying and Jacto® Arbus Valência 4000 in unilateral spraying with volute type deflector), applying a volume of 150 mL m<sup>-3</sup> of canopy. The experiments were carried out in plots of 'Valencia' sweet orange grafted on citrumelo 'Swingle' aged 9 to 10 years, in the municipality of Colombia / SP. Two experiments were carried out to evaluate the control efficiency of the mite (time to control the initial population and control period until 5% of the presence of mite on the inspected fruits and branches) and the disease (incidence of plants and fruits with symptoms of leprosis). In experiment 1, the coverage on water-sensitive paper and the deposition of copper on the leaf in different positions within the canopy of the trees were also evaluated. In experiment 1, spirodiclofen acaricide was used, and in experiment 2, ciflumetofem. On both experiments, there was no difference among equipments and spray types for the variables related to the control of the mite and the disease. In each tree position, the spray coverage were not different among equipment and spray types, except in the lower lateral position where the coverage was smaller for Jacto unilateral. For both Jacto unilateral and bilateral, the spray coverages were similar in all positions of tree. For FMCopling bilateral, the coverage was smaller in the middle third of canopy. The deposition was smaller for FMCopling bilateral than for Jacto unilateral and bilateral in upper and middle thirds of tree canopy, while in lower third smaller deposition was observed for Jacto unilateral. For FMCopling deposition was higher in lower third and for Jacto unilateral deposition was higher in upper third, while for Jacto bilateral deposition was similar in all positions. Two other experiments evaluated, in different positions within the canopy, the spray coverage in water-sensitive paper and the mortality of mites confined in detached leaves previously sprayed in the field with ciflumetofem. The spray coverage averages did not differ among equipments and spray types, being generally higher in the lower third of the canopy than in the middle third. As for the mite mortality, there was no difference among equipments and spray types, nor among canopy positions. For all treatments, the spray coverage was over 50% in all canopy positions and mortality was over 98% on the third day after the mite transfer. The average spray costs of each treatment were calculated in experiments 1 and 2, and it was only 10 to 14% higher for unilateral spraying compared to bilateral spraying despite the operational field capacity of unilateral spraying was about twice as high as that of bilateral spraying. This occurred because the cost of the acaricide accounted for more than 75% of the total spray cost. In conclusion, for the orchard conditions in which the work was carried out, all treatments showed the same efficiency to control the leprosis mite and disease, and that the choice between them must be made based on the operational field capacity and acquisition, maintenance and operational costs.

**Key words:** *Citrus sinensis*, citrus leprosis mite, application technology, operating income.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Turbopulverizadores de arrasto tratorizados com assistência de ar (A-C) e aspecto da pulverização da calda acaricida por cada equipamento (D-F). Tratamento 1 - Turbopulverizador FMCopling® Guliver 4000, em pulverização bilateral (A e D), Tratamento 2 - Turbopulverizador Jacto® Arbus Valência 4000, em pulverização bilateral (B e E) e Tratamento 3 - Turbopulverizador Jacto® Arbus Valência 4000, em pulverização unilateral com a montagem de defletor do tipo voluta (C e F) ..... 10
- Figura 2.** Aspectos dos pomares de ‘Valência’ em citrumelo ‘Swingle’ aonde foram conduzidos os experimentos 1 (A) e 2 (B). Município de Colômbia-SP ... 12
- Figura 3.** Vista aérea dos talhões aonde foram conduzidos os experimentos 1 (A) e 2 (B), com a divisão em parcelas (A a L), blocos (B1 a B4) e respectivos tratamentos T1 – FMCopling Guliver 4000 bilateral, T2 – Jacto Arbus Valência 4000 bilateral e T3 – Jacto Arbus Valência 4000 unilateral com defletor ..... 13
- Figura 4.** Experimento para a avaliação da cobertura de pulverização, proporcionada pelos diferentes turbopulverizadores. A) Papel hidrossensível posicionado na parte interna da copa da planta. B) Regiões da planta onde foram colocados os papéis hidrossensíveis. C) Papel hidrossensível após a pulverização da calda ..... 15
- Figura 5.** Sintomas da leprose dos citros, em frutos (A), folhas (B) e ramos (C), considerados na avaliação para a incidência da doença ..... 18
- Figura 6.** Experimento para a avaliação da mortalidade de ácaros em folhas destacadas e pulverizadas com acaricida. A) Posicionamento das folhas sem resíduos de agrotóxicos, juntamente com o papel hidrossensível no interior da planta. B) Papel hidrossensível e folha destacada após a pulverização pelos equipamentos ..... 20
- Figura 7.** Montagem do experimento, para a avaliação de mortalidade A) Preparação das folhas, para transferência dos ácaros, com forração das bandejas com espuma e algodão umedecido e forração das laterais das folhas. B) Acondicionamento das bandejas em condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotofase, após a transferência dos ácaros ..... 22

**Figura 8.** Precipitação mensal acumulada (mm) de outubro de 2019 a dezembro de 2020, na fazenda onde foram realizados os experimentos 1 e 2, no município de Colômbia-SP. Setas vermelhas e azuis indicam o início e o final dos experimentos 1 e 2, respectivamente. O experimento foi encerrado quando foi observado índice de infestação do ácaro da leprose  $\geq 5\%$  em todas as parcelas ..... 28

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Volume de calda aplicado, modelo, quantidade e condições de uso das pontas de pulverização utilizadas nos equipamentos, nos experimentos 1 e 2 .....	11
<b>Tabela 2.</b>	Infestação inicial do ácaro da leprose dos citros (% de órgãos infestados), com a amostragem de três frutos ou ramos por planta em 3% das plantas em cada parcela, e distribuição dos tratamentos nas parcelas e blocos nos experimentos 1 e 2 .....	14
<b>Tabela 3.</b>	Valores médios ( $\pm$ erro padrão da média) da infestação inicial, do tempo para zerar a população e do período de controle para atingir 5% de infestação do ácaro da leprose dos citros após a pulverização do acaricida espiroclifeno pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 1. Pulverização com os equipamentos de 15 a 18 de outubro de 2019 .....	25
<b>Tabela 4.</b>	Valores médios ( $\pm$ erro padrão da média) da infestação inicial, do tempo para zerar a população e do período de controle para atingir 5% de infestação do ácaro da leprose dos citros após a pulverização do acaricida ciflumetofem pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 2. Pulverização com os equipamentos de 23 a 26 de junho de 2020 .....	26
<b>Tabela 5.</b>	Cobertura de pulverização (média $\pm$ erro padrão da média) no terço superior, terço médio, terço inferior e saia da parte interna da copa da planta com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização .....	30
<b>Tabela 6.</b>	Deposição de cobre (média $\pm$ erro padrão da média) no terço superior, terço médio e terço inferior da parte interna da copa da planta com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização .....	31
<b>Tabela 7.</b>	Mortalidade do ácaro da leprose dos citros em folhas destacadas e cobertura da pulverização em papéis hidrossensíveis (média $\pm$ erro padrão da média) posicionados no interior da copa da planta no terço superior, terço médio e terço inferior, após a pulverização do acaricida ciflumetofem pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 3 .....	35

<b>Tabela 8.</b>	Mortalidade do ácaro da leprose dos citros em folhas destacadas e cobertura da pulverização em papeis hidrossensíveis (média $\pm$ erro padrão da média) posicionados no interior da copa da planta no terço superior, terço médio e terço inferior, após a pulverização do acaricida ciflumetofem pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 4 .....	36
<b>Tabela 9.</b>	Quantidade e custo médio por hectare de mão de obra (tratorista), óleo diesel e de acaricida necessários para a pulverização com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 1 .....	40
<b>Tabela 10.</b>	Quantidade e custo médio por hectare de mão de obra (tratorista), óleo diesel e de acaricida necessários para a pulverização com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 2 .....	40

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	9
2.1.	Local dos experimentos .....	9
2.2.	Volume de copa das plantas e volume de aplicação .....	9
2.3.	Tratamentos e condições operacionais .....	10
2.4.	Experimentos para avaliação de variáveis de qualidade de pulverização, de controle do ácaro e da doença, da capacidade de campo operacional efetiva e do custo operacional .....	12
2.4.1.	Delineamento experimental .....	12
2.4.2.	Acaricidas utilizados .....	14
2.4.3.	Avaliações .....	15
2.4.3.1.	Cobertura de pulverização .....	15
2.4.3.2.	Deposição da calda pulverizada .....	16
2.4.3.3.	Tempo para o índice de infestação inicial do ácaro da leprose zerar e período de controle .....	17
2.4.3.4.	Incidência de plantas e frutos com sintomas de leprose .....	17
2.4.3.5.	Capacidade de campo operacional efetiva e custo operacional .....	18
2.5.	Experimentos para a avaliação da mortalidade do ácaro da leprose confinados em folhas destacadas pulverizadas com acaricida .....	19
2.5.1.	Local e delineamento experimental .....	19
2.5.2.	Instalação e aplicação dos tratamentos .....	19
2.5.3.	Criação do ácaro <i>Brevipalpus yothersi</i> .....	21
2.5.4.	Transferência dos ácaros e avaliação da mortalidade .....	21
2.6.	Análise de dados .....	22
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de citros é uma atividade de grande destaque para o agronegócio do Brasil, sendo importante fonte de renda e de geração de empregos. A citricultura é responsável pela produção de mais da metade do suco de laranja no mundo, cujas exportações movimentam para o país um valor em torno de US\$ 2,5 bilhões, gerando mais de 200 mil empregos direta e indiretamente ao longo de toda cadeia produtiva. Exportando 97% da sua produção de suco, o país detém praticamente 90% de participação no mercado mundial. O PIB do setor citrícola é de aproximadamente US\$ 6,5 bilhões (Neves & Trobin, 2017). A safra de laranja 2019/2020 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro foi de 386,79 milhões de caixas de 40,8 Kg, com produtividade recorde de 1.045 caixas por hectare (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020a). Para a safra 2020/2021 foram estimadas 269,01 milhões de caixas de laranja (Fundo de Defesa da Citricultura, 2021), com área plantada de 395,671 ha, com um total de 197,72 milhões de árvores plantadas, sendo 174,25 milhões de plantas produtivas (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020b).

As pragas e doenças representam uma das principais ameaças para a citricultura, aumentando os custos de produção pela necessidade de adoção de medidas de controle (Neves et al., 2010), reduzindo a produção e a qualidade dos frutos, o que pode limitar a sua comercialização, e a longevidade dos pomares (Yamamoto & Parra, 2005). Entre essas pragas, o ácaro *Brevipalpus yothersi* Baker (1949) (Acari: Tenuipalpidae) (Beard et al. 2015) é considerado o principal ácaro-praga da citricultura por ser vetor do vírus *Citrus leprosis virus-tipo citoplasmático* (CiLV-C), que causa a doença conhecida como leprose dos citros, uma das doenças virais mais importantes da citricultura (Andrade et al., 2014).

A leprose dos citros afeta principalmente as laranjeiras doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e é caracterizada pela presença de lesões restritas ao local de transmissão do vírus pelo ácaro em ramos, frutos e folhas, uma vez que não ocorre a colonização sistêmica do vírus na planta infectada (Kitajima et al., 1972). Em folhas, inicialmente ocorre a formação de pequenas lesões cloróticas circulares e lisas, que evoluem para manchas cloróticas, arredondadas a elípticas, com ou sem a presença de círculos concêntricos necróticos, nas duas superfícies da folha, podendo atingir de 1 a 3 cm de diâmetro. Além de reduzir a capacidade fotossintética das folhas, as lesões podem causar a desfolha da copa da planta. Em frutos verdes, as lesões são inicialmente lisas e cloróticas e com o tempo tornam-se necróticas e deprimidas no centro, circundadas por um halo amarelado à medida que evoluem. Com a

maturação dos frutos, a lesão torna-se deprimida, com coloração predominantemente marrom escura ou preta. Lesões em grande número ou próximas ao pedúnculo do fruto provocam sua queda prematura. Em ramos, ainda verdes, os sintomas inicialmente aparecem como pequenas manchas circulares, cloróticas e lisas com o centro necrótico. Posteriormente, estas lesões se tornam salientes com coloração marrom-avermelhada. Em estágio mais avançado, as lesões nos ramos apresentam aspecto corticoso e coloração parda, ocorrendo a ruptura parcial da casca do ramo (descamação). Em grandes quantidades as lesões provocam a obstrução do fluxo de água e seiva, levando à seca de ramos e morte dos ponteiros, o que reduz a produção do ano e a longevidade produtiva da planta afetada (Feichtenberger et al., 1997; Rossetti, 2001; Bastianel et al., 2006).

O controle da doença baseia-se na diminuição da fonte de inóculo e da transmissão do vírus pelo ácaro. A diminuição da quantidade de vírus no pomar pode ser feita pelo uso de medidas como a poda e a remoção de ramos e frutos sintomáticos, erradicação de plantas muito afetadas pela doença, eliminação de plantas daninhas hospedeiras do vírus e de frutos com sintomas caídos no chão e plantio de mudas sadias livres do vírus. O plantio de mudas livres do ácaro da leprose, utilização de quebra-ventos com espécies não hospedeiras, lavagem e desinfestação dos materiais de colheita, eliminação de plantas daninhas hospedeiras, controle da verrugose dos citros, cujas lesões servem de abrigo para o ácaro, e o controle com acaricidas químicos ou inimigos naturais são estratégias que procuram diminuir a população do ácaro da leprose e, conseqüentemente, a transmissão do vírus nos pomares (Bassanezi, 2019).

Dentre todas essas medidas de manejo da doença, o controle do ácaro por meio de aplicações de acaricidas é a principal medida usada pelos citricultores por ser a mais fácil de realizar e a que traz respostas mais rápidas de controle (Bassanezi, 2001; Bastianel et al., 2010). A recomendação do controle químico geralmente é feita após o levantamento da infestação da praga no pomar, que deve ser realizado a cada sete a quinze dias, amostrando-se no mínimo 1% do total de plantas do talhão (Siqueira & Salomão, 2017). Em cada planta amostrada, deve-se avaliar no mínimo três frutos e/ou ramos, na parte interna da copa (Cati, 1997), dando-se preferência aos frutos maduros e com sintomas de verrugose, local em que o ácaro tem preferência para a alimentação e oviposição (Oliveira, 1986; Gravena 2005; Bassanezi, 2019). Na ausência de frutos, deve-se amostrar os ramos nos primeiros 30 cm a partir da ponta, em saliências e reentrâncias (Yamamoto & Parra, 2005; Bassanezi, 2019). Embora não haja clara relação entre o nível populacional do ácaro e a quantidade futura de

sintomas e danos provocados pela doença, a tomada de decisão para o controle do ácaro da leprose é baseada em níveis de ação de controle, expressa em porcentagem de órgãos da planta inspecionados com a presença do ácaro. Dessa maneira, os níveis de ação podem ser bastante diversos, desde a simples detecção do ácaro no pomar até a presença do ácaro em 10% de órgãos amostrados, variando de citricultor para citricultor, conforme sua experiência, grau de aversão ao risco, histórico da doença na área, confiança na amostragem e facilidade de realizar as pulverizações após a detecção do nível de ação (Gasparino, 2013; Bassanezi, 2019).

O controle do ácaro da leprose com acaricidas é responsável por um aumento significativo dos custos de produção na citricultura (Andrade et al., 2014). Segundo a pesquisa de Monaco Neto et al. (2019) com dados de vendas de defensivos agrícolas coletados pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG), em 2016, foram comercializadas 4.646 toneladas de ingredientes ativos de acaricidas na citricultura brasileira, ao valor arrecadado de US\$ 54,5 milhões.

De acordo com o Agriannual (FNP Consultoria & Comércio, 2020), o custo da compra de acaricidas na citricultura, representa 7,54% do custo total de insumos utilizados para o controle de pragas e doenças (inseticidas, fungicidas, acaricidas, espalhantes, óleo mineral, formicidas e isca para mosca-das-frutas) em pomares acima de 8 anos. Isto ocorre porque são poucos os produtos acaricidas disponíveis na lista Protecitrus - Produtos para Proteção da Citricultura (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020c) para o controle do ácaro da leprose, sendo estes produtos geralmente mais caros que os inseticidas e fungicidas.

Adicionalmente, a operação de pulverização de acaricidas para o controle do ácaro da leprose é mais cara, pois exige uma operação mais lenta (velocidade máxima de 2 a 3 km.h<sup>-1</sup>) e com um volume de calda aplicado maior (entre 100 a 150 mL.m<sup>-3</sup> de copa da planta) para proporcionar uma cobertura igual ou acima de 40% no interior da copa da planta (Scapin & Ramos, 2017). Isto é necessário porque o ácaro da leprose está presente tanto nos frutos, ramos e folhas externos como internos da copa da planta (Bazzo, 2016). Também, porque o ácaro apresenta um tamanho diminuto (0,15 a 0,17 mm de comprimento por 0,07 mm de largura) e realiza sua oviposição e esconde-se de predadores em fendas nas folhas, rachaduras em ramos, inserção do pedúnculo nos frutos, em lesões de verrugose ou outra natureza, em galerias de larva minadora, escamas de cochonilhas, envolvidos nas próprias exúvia ou em grânulos de poeira, que são locais de difícil acesso para as gotas da calda acaricida aplicada (Chiavegato, 1986; Oliveira, 1986; Childers et al., 2003).

Geralmente, grande parte da calda aplicada por um turbopulverizador é retida na camada mais externa da copa da planta, com menos gotas chegando no interior da copa, havendo uma desuniformidade na deposição e cobertura de pulverização na planta. Ao realizar uma aplicação de acaricida, também é comum a presença de falhas na pulverização, com partes da planta que não recebem cobertura da calda pulverizada e deposição do produto suficientes para o controle do ácaro. Geralmente, menores cobertura e deposição da calda pulverizada são observadas no terço superior e na parte interna da copa da planta (Ramos et al., 2007; Bazzo, 2016; Sichieri, 2018). Caso isso ocorra, os ácaros presentes nessas regiões de menor cobertura e deposição da pulverização terão menor probabilidade de contato com o acaricida, que possuem ação por contato e ingestão, sobreviverão e passarão a se multiplicar normalmente, causando a ressurgência da população do ácaro após a pulverização (Oliveira et al., 1991; Ferreira, 2003; Bazzo, 2016). Devido à presença dessas falhas de pulverização e aversão dos produtores à doença, era comum a utilização de volumes excessivos de calda, com aplicações atingindo valores acima do ponto de escorrimento (Matuo & Baba, 1981; Oliveira et al., 1998; Ferreira, 2003). O volume a ser empregado bem como o tamanho da gota, são variáveis conforme os fatores adversos à pulverização, como o porte e o adensamento do pomar e as gotas perdidas por evaporação e deriva. A regulagem e a calibração adequadas do turbopulverizador coloca a quantidade necessária de calda no alvo para o controle da praga com menor volume de calda, gerando maior economia de insumos e rendimento operacional (Decaro Júnior, 2015).

Na década de 1990, a pulverização dos acaricidas em pomares de citros adultos era geralmente realizada com pulverizadores adaptados com pistola de corte ou de jato contínuo, empregando altos volumes de calda (20 a 40 L.planta<sup>-1</sup> ou 10 a 20 mil L.ha<sup>-1</sup>), no intuito de garantir uma boa cobertura de todas as partes da planta e conseguir penetrar a barreira externa de folhas da planta (Ferreira, 2003). Esse tipo de pulverização permitia o direcionamento manual da calda pulverizada através das clareiras presentes na copa, permitindo a cobertura em todas as partes externas e internas da planta (Oliveira et al., 1998). O maior volume de calda pulverizado fazia-se necessário devido ao maior tamanho de gotas geradas por este equipamento (gotas grossas com diâmetro mediano volumétrico, DMV, em torno de 400 µm). Gotas maiores apresentam maior dificuldade de penetração no interior da copa da planta, ficando a maior parte retida no exterior da planta, e em valores acima do ponto de escorrimento, escoam para o solo (Oliveira et al., 1998). Ao se utilizar altos volumes de calda na pulverização as perdas por escorrimento podem atingir 30 a 70% do volume aplicado e este

desperdício de calda, além do impacto econômico, pode gerar problemas de contaminação ambiental (Matuo, 1988).

Em virtude da dificuldade para o controle do ácaro da leprose, do custo elevado com as pulverizações e do dispêndio de acaricidas, trabalhos foram realizados com o objetivo de determinar volumes de calda mais adequados para a pulverização, que permitam eficiência de controle da praga acima de 80%, menor custo de pulverização e maior capacidade operacional. No início da década de 2000, com o uso de ramais especiais nos turbopulverizadores de arrasto com assistência de ar, que permitiram a colocação de mais pontas de pulverização capazes de gerar gotas finas (DMV entre 100 e 200  $\mu\text{m}$ ), foi possível adequar e reduzir o volume da calda para o controle do ácaro da leprose.

Ramos et. al. (2007), utilizando turbopulverizador de arrasto Jacto Arbus Valência 2000 L com defletor unilateral e ramal especial com 48 pontas, com pulverização dimensionada para que o espectro de gotas estivesse com DMV 150 e 250  $\mu\text{m}$ , verificou ser possível reduzir em 30% o volume inicial aplicado de 28  $\text{L.planta}^{-1}$  sem prejuízos na cobertura e deposição da pulverização.

Bazzo (2016), utilizando o turbopulverizador de arrasto FMCopling Guliver 4000 L com defletor unilateral e 37 pontas e pressão de trabalho configuradas para gerar gotas finas, obteve igual período de controle do ácaro da leprose utilizando volumes de aplicação de 100, 140 e 190  $\text{mL.m}^{-3}$  de copa.

De modo semelhante, Sichieri (2018) utilizando o turbopulverizador de arrasto Natali 4000 L, com defletor bilateral e 48 pontas com pontas e pressão de trabalho que produzem gotas finas, obteve mortalidade e período de controle do ácaro da leprose semelhantes para os volumes de aplicação de 100, 140 e 180  $\text{mL.m}^{-3}$  de copa, em dois experimentos realizados em épocas e locais diferentes.

Nishida et al. (*dados não publicados*), utilizando o turbopulverizador de arrasto com assistência de ar Jacto Arbus 4000 L com defletor unilateral do tipo voluta, 22 pontas e pressão de trabalho configuradas para produzir gotas finas, e o turbopulverizador de arrasto FMCopling Guliver 4000 L, bilateral, com 42 pontas e pressão de trabalho para produzir gotas finas, não observou diferenças no período de controle do ácaro da leprose entre os volumes de calda de 100, 200, 242 e 442  $\text{L.m}^{-3}$  de copa.

De modo geral, em todos esses experimentos citados, a deposição e cobertura de pulverização proporcionada pela aplicação do volume de calda de 100  $\text{mL.m}^{-3}$  de copa foram inferiores às dos volumes maiores, porém isso não se mostrou suficiente para reduzir o período

de controle do ácaro da leprose. Desta forma, atualmente, recomenda-se para o controle do ácaro da leprose um volume de calda entre 100 e 150 mL.m<sup>-3</sup> de copa aplicada por meio de turbopulverizadores de arrasto com assistência de ar, com pontas de pulverização e pressão de trabalho que produzam gotas com DMV entre 100 a 200 µm, produzindo uma cobertura acima de 40% (Scapin & Ramos, 2017) ou de maneira que 50 a 70 gotas com DMV de 100 a 200 µm atinjam cada cm<sup>2</sup> da área a ser pulverizada (Minguela & Cunha, 2010).

Estes trabalhos citados buscaram adequar e reduzir o volume de calda para o controle do ácaro da leprose, sem comprometer a qualidade e a eficácia da pulverização. Entretanto, são poucos os trabalhos que buscaram comparar diferentes equipamentos de pulverização a fim de verificar qual proporciona melhor eficácia de controle, capacidade operacional e economia. As diferentes características técnicas e operacionais de cada equipamento, assim como o tipo de pulverização, podem permitir melhores coberturas, deposição do produto e eficiência no controle.

Ramos et al. (2004), compararam quatro diferentes equipamentos (Jacto Arbus 2000 com defletor unilateral e ramal especial com defletor e com 48 pontas; Jacto Arbus 4000 MD bilateral com ramal normal de 26 pontas por lado; Jacto Arbus 4000 MD bilateral com ramal especial de 48 pontas por lado; e DW (Durand Wayland) modelo 1705 bilateral com ramal de 24 pontas por lado), aplicando três diferentes volumes de calda (25, 21,3 e 17,5 L.planta<sup>-1</sup>) em pomares de laranja. Os autores concluíram que apenas a identificação do volume de calda não foi parâmetro suficiente para caracterizar um eficiente controle do ácaro da leprose, uma vez que a interação dos efeitos de volume e equipamento foram significativas. Os equipamentos DW bilateral com ramal normal, o Jacto Arbus 2000 unilateral e o Jacto Arbus MD bilateral, ambos com ramal duplicado, foram melhores que o Jacto Arbus MD bilateral com o ramal normal em relação à cobertura e deposição da calda pulverizada. Comparando os três volumes testados dentro de cada equipamento, o DW bilateral com ramal normal e o Jacto Arbus 2000 unilateral com ramal duplicado foram inferiores no menor volume em relação aos volumes maiores. Porém, apenas o pulverizador DW bilateral com ramal normal, teve eficácia inferior no menor volume, quando comparado aos demais equipamentos.

Fernandes et al. (2010) compararam o uso de diferentes ramais de pulverização no mesmo equipamento, para o controle de *Brevipalpus* na cultura do café. O uso do ramal duplicado com 44 pontas comparado ao ramal convencional com 22 pontas nos diferentes volumes testados (250, 400, 550 e 700 L. ha<sup>-1</sup>), apresentou maior eficácia no controle da praga.

Segundo os autores, isso pode ser explicado devido a maior deposição que o ramal duplicado proporcionou.

Carvalho (2014), que comparou a eficácia no controle do ácaro da leprose em citros do turbopulverizador convencional modelo Jacto Arbus 2000 em pulverização unilateral contra o turbopulverizador Topspray® do tipo envolvente, verificou ser viável a utilização do turbopulverizador Topspray® do tipo envolvente com menores volumes (5 e 8 L.planta<sup>-1</sup>) para o controle da praga, obtendo valores de mortalidade e deposição similares ao tratamento com o Jacto Arbus 2000 em pulverização unilateral.

Raetano (1996), ao comparar os turbopulverizadores Arbus 2000/Export e Arbus 2000/850, para o controle de ácaros na citricultura, verificou que as combinações de menores velocidades de trabalho, maior número de pontas de pulverização e pressão de trabalho para produzir gotas finas (DMV de 100 a 200 µm), proporcionaram maiores valores de cobertura de pulverização para o equipamento Arbus 2000/Export. Tachibana (2004), ao comparar diferentes equipamentos utilizados na citricultura para o controle do ácaro da leprose, em volumes entre 2.000 e 6.000 L.ha<sup>-1</sup>, verificou menores valores de cobertura da calda pulverizada na parte interna da copa da planta comparada com a parte externa, com os volumes mais elevados, proporcionando maiores valores de cobertura. Porém o equipamento utilizado, apresentou influência direta nos valores observados. Os equipamentos com fluxo de ar do tipo convergente, mesmo em menores volumes foram mais eficazes que os equipamentos com fluxo de ar do tipo divergente, apresentando valores de cobertura de pulverização superior a 70%, enquanto que o sistema convencional esse valor foi menor que 45%.

Entre os turbopulverizadores mais utilizados na citricultura, estão o FMCopling® Gulliver 4000 e o Jacto® Arbus Valência 4000. Este último, pode ser utilizado tanto para a pulverização bilateral como para a unilateral com o uso de defletor do tipo voluta. Para estes equipamentos não há trabalhos na literatura comparando-os quanto à qualidade de pulverização, eficácia no controle do ácaro da leprose e custo operacional. Adicionalmente, há um senso comum entre os citricultores de que a pulverização unilateral, mesmo sendo mais custosa e demorada, teria melhor qualidade e, conseqüentemente, maior eficácia que a pulverização bilateral no controle do ácaro da leprose, porém também não há trabalhos científicos que validem esta hipótese. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da pulverização, a eficácia de controle do ácaro vetor e da leprose dos citros e o custo operacional proporcionados pelos principais turbopulverizadores utilizados no parque citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais nos tipos de pulverização

unilateral e bilateral, utilizando o mesmo volume de calda pulverizada por volume de copa e em diferentes condições de clima e pomar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Local dos experimentos

O trabalho foi conduzido em uma propriedade comercial de laranja, localizada no município de Colômbia-SP, na região norte do estado de São Paulo. A região apresenta um clima tropical de verão úmido e inverno seco (Aw) pelo sistema de Köppen modificado (Setzer, 1966), com temperatura variando entre 16 e 33°C (média de 24,5°C) e 1.429 mm de pluviosidade média anual, sendo os meses de novembro a março os mais chuvosos (média mensal  $\geq 150$  mm) e de junho a agosto os mais secos (média mensal  $\leq 20$  mm), condição altamente favorável para o desenvolvimento do ácaro da leprose dos citros.

Os experimentos foram conduzidos em dois talhões de laranjeira [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] da variedade ‘Valência’ enxertado em citrumelo ‘Swingle’ [*C. paradisi* Macfad. X *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], plantados em 2010, no espaçamento de 6,8 m x 2,8 m. Ambos os talhões selecionados (1 e 2) apresentavam o histórico de ocorrência do ácaro da leprose e da doença, conforme constatado em levantamentos realizados antes da aplicação dos tratamentos.

### 2.2. Volume de copa das plantas e volume de aplicação

Em cada talhão, antes de iniciar o experimento, foi calculado o volume médio da copa de dez plantas por talhão pelo método da cubicagem, medindo-se, com o auxílio de uma trena, a largura (distância entre plantas na linha de plantio) e a profundidade (diâmetro da copa na direção perpendicular da linha de plantio) da copa da árvore e, com o auxílio de um cano de PVC de 6 m de comprimento, com marcações a cada 25 cm, a altura das plantas. As médias da largura, profundidade e altura, para as dez plantas nos dois talhões de cada experimento, foram de 2,8 m, 4,5 m e 5,6 m, respectivamente. O volume de copa de cada planta, em metros cúbicos, foi calculado pela multiplicação das três variáveis medidas. Em ambos os talhões o valor médio do volume de copa foi de 71 m<sup>3</sup> por planta. Este volume de copa médio foi utilizado para a regulagem dos equipamentos de pulverização e permitir a aplicação de 150 mL de calda por metro cúbico de copa (10,65 L por planta ou 5.591 L por hectare).

### 2.3. Tratamentos e condições operacionais

Os tratamentos consistiram da utilização de três modelos de turbopulverizadores de arrasto tratorizados com assistência de ar (equipamentos) (Figura 1):

**Tratamento 1** - Turbopulverizador FMCopling® Guliver 4000, em pulverização bilateral (FMCopling bilateral);

**Tratamento 2** - Turbopulverizador Jacto® Arbus Valência 4000, em pulverização bilateral (Jacto bilateral);

**Tratamento 3** - Turbopulverizador Jacto® Arbus Valência 4000 com a montagem de defletor do tipo voluta, em pulverização unilateral (Jacto unilateral).



**Figura 1.** Turbopulverizadores de arrasto tratorizados com assistência de ar (A-C) e aspecto da pulverização da calda acaricida por cada equipamento (D-F). Tratamento 1 - Turbopulverizador FMCopling® Guliver 4000, em pulverização bilateral (A e D), Tratamento 2 - Turbopulverizador Jacto® Arbus Valência 4000, em pulverização bilateral (B e E) e Tratamento 3 - Turbopulverizador Jacto® Arbus Valência 4000, em pulverização unilateral com a montagem de defletor do tipo voluta (C e F).

O turbopulverizador FMCopling bilateral apresenta caixa defletora similar a um retângulo com os ramais de pulverização perpendiculares ao nível do solo com uma inclinação de 20° nas extremidades superior e inferior. O Jacto bilateral tem uma caixa defletora na forma de “gota” com o ramal de pulverização curvo acompanhando o formato da caixa defletora. O Jacto unilateral apresenta a mesma caixa defletora, com montagem de defletor unilateral do tipo voluta. A distância média do centro da turbina até a superfície do solo para os turbopulverizadores FMCopling bilateral, Jacto bilateral e Jacto unilateral, foram de 1,9 m, 2,4 m e 2,4 m, respectivamente. O FMCopling bilateral tem um ventilador de 1133 mm de diâmetro que trabalha na rotação de 1950 rpm, produzindo um volume de ar de  $19,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Os turbopulverizadores Jacto unilateral e bilateral possuem um ventilador de 850 mm que trabalha a 2020 rpm, produzindo um volume de ar de  $18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Todos os equipamentos foram tracionados com um trator NH TL 85 (New Holland Agriculture), na velocidade de  $1,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , na 1ª marcha Gama I e rotação de 2.200 rpm no motor e 540 rpm na tomada de potência, e regulados para aplicação do mesmo volume de calda de  $150 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-3}$  de copa ( $10,65 \text{ L} \cdot \text{planta}^{-1}$  ou  $5.591 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) com gotas de DMV entre 150 e 200  $\mu\text{m}$ . As pontas de pulverização utilizadas foram do modelo Disc & Core (AD/AC) (Albus, Evreux, França). O ramal do equipamento FMCopling tem capacidade para 40 pontas de cada lado, enquanto o ramal do Jacto possui capacidade para 34 pontas de cada lado e 48 pontas com a montagem do defletor do tipo voluta para pulverização unilateral. O dimensionamento dos diferentes turbopulverizadores utilizados nos experimentos, como volume de calda, modelo e número total de pontas de pulverização, pressão e vazão das pontas de pulverização, está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Volume de calda aplicado, modelo, quantidade e condições de uso das pontas de pulverização utilizadas nos equipamentos avaliados nos experimentos 1 e 2.

Equipamento/ Tipo de pulverização	Volume de calda		Ponta*	n° total de pontas	Pressão (psi)	Vazão da ponta ( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ )
	( $\text{L} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	( $\text{L} \cdot \text{planta}^{-1}$ )				
FMCopling® Guliver 4000 Bilateral			AD4/AC25	66	114	1,54
Jacto® Arbus Valência 4000 Bilateral	5.591	10,65	AD4/AC25	54	170	1,88
Jacto® Arbus Valência 4000 Unilateral			AD3/AC25	39	168	1,3

\*A ponta de pulverização é composta pelo conjunto de disco (AD) e difusor (AC).

## 2.4. Experimentos para avaliação de variáveis de qualidade de pulverização, de controle do ácaro e da doença, da capacidade de campo operacional efetiva e do custo operacional

O ensaio foi realizado com o objetivo de avaliar o tempo após a aplicação do acaricida para que a população do ácaro não fosse detectada nas avaliações de campo (tempo para zerar), o período de controle do ácaro e a incidência de plantas e frutos com sintomas da doença, além da cobertura e deposição de calda aplicada e da capacidade de campo operacional efetiva e do custo operacional.

Para isso dois experimentos foram montados em épocas diferentes, um em cada talhão. O primeiro experimento foi iniciado no talhão 1 entre 15 e 18 de outubro de 2019, com os frutos próximos à maturação e colheita e carga de 152 frutos.m<sup>-2</sup> (Figura 2A) e o segundo experimento, no talhão 2, entre 23 a 26 de junho de 2020, com os frutos em fase de crescimento e carga de 57 frutos.m<sup>-2</sup> (Figura 2B). A cobertura e deposição da pulverização aplicada por cada equipamento foi avaliada apenas no talhão 1 (Figura 2A), sendo a cobertura avaliada em 18 de outubro de 2019 e a deposição em 18 de novembro de 2019.

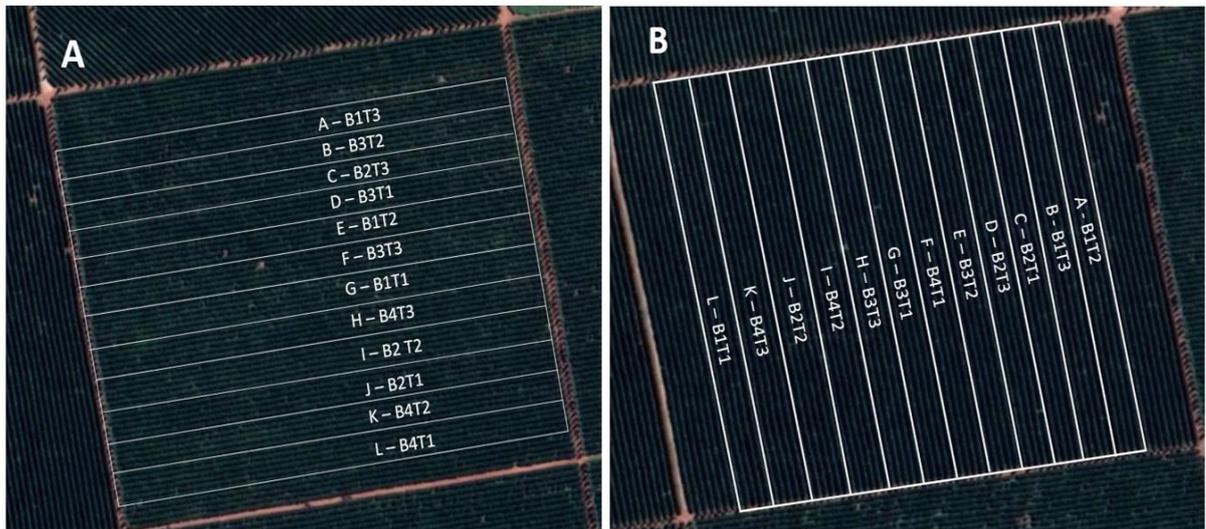


**Figura 2.** Aspectos dos pomares de ‘Valência’ em citrumelo ‘Swingle’ aonde foram conduzidos os experimentos 1 (A) e 2 (B). Município de Colômbia-SP.

### 2.4.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três tratamentos e quatro blocos. Cada bloco foi constituído de três parcelas, cada uma formada por cinco linhas de plantio com 179 plantas em cada linha, totalizando 895 plantas por parcela. Cada

experimento (Figura 3A e B) contou com um total de 12 parcelas, nomeadas de A a L. As duas linhas laterais de cada parcela foram consideradas bordadura entre os tratamentos e a parcela útil foi formada pelas três linhas centrais (total de 537 plantas na área útil), onde foram realizadas as avaliações.



**Figura 3.** Vista aérea dos talhões aonde foram conduzidos os experimentos 1 (A) e 2 (B), com a divisão em parcelas (A a L), blocos (B1 a B4) e respectivos tratamentos T1 – FMCopling Guliver 4000 bilateral, T2 – Jacto Arbus Valência 4000 bilateral e T3 – Jacto Arbus Valência 4000 unilateral com defletor.

Antes da aplicação dos tratamentos, descritos no item 2.3., foi realizado um levantamento prévio da infestação do ácaro da leprose em cada uma das parcelas. Esta avaliação foi feita em cerca de 3% das plantas de cada parcela útil (16 plantas por parcela), seguindo o padrão de inspeção realizado na fazenda, utilizando-se para isso uma lupa de bolso com lente de 10 aumentos. Na ausência de ramos novos com até 30 cm, foram avaliados três frutos por planta, preferencialmente aqueles frutos em estágio avançado de maturação, com lesões de verrugose ou irregularidades na casca. Na presença de ramos novos, foram avaliados dois frutos e um ramo novo por planta. Na ausência de frutos, foram avaliados três ramos novos por planta. Os frutos e ramos novos avaliados sempre estavam localizados na parte interna da copa da planta. Plantas com a presença do ácaro da leprose, foram marcadas para serem inspecionadas novamente após a aplicação dos tratamentos. O índice de infestação do ácaro da leprose em cada parcela, isto é, a porcentagem de frutos ou ramos com a presença do ácaro vivo, em todas as fases do seu ciclo biológico (ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto), foi calculada em função da razão entre o número de órgãos inspecionados com a presença do ácaro e o número total de órgãos inspecionados.

De acordo com o levantamento prévio da infestação de ácaro da leprose em cada parcela, elas foram divididas entre os quatro blocos, tendo em cada bloco parcelas com índices de infestação do ácaro semelhantes, independente da sua localização no talhão. A distribuição dos tratamentos nas parcelas dentro de cada bloco foi de modo que a infestação inicial média de ácaros antes da aplicação dos tratamentos, considerando as quatro repetições (blocos), fosse similar para os três tratamentos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Infestação inicial do ácaro da leprose dos citros (% de órgãos infestados), com a amostragem de três frutos ou ramos por planta em 3% das plantas em cada parcela, e distribuição dos tratamentos nas parcelas e blocos nos experimentos 1 e 2.

Equipamento/ Tipo de pulverização	Experimento 1			Experimento 2		
	Bloco	Parcela	Infestação inicial (%)	Bloco	Parcela	Infestação inicial (%)
FMCopling® Guliver 4000 bilateral	1	G	8,33	1	L	12,5
	2	J	4,16	2	C	6,25
	3	D	2,08	3	G	4,16
	4	L	2,08	4	F	0
		Média	4,16		Média	5,73
Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	1	E	6,25	1	A	14,58
	2	I	4,16	2	J	6,25
	3	B	2,08	3	E	2,08
	4	K	2,08	4	I	0
		Média	3,64		Média	5,73
Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral	1	A	6,25	1	B	8,33
	2	C	4,16	2	D	8,33
	3	F	2,08	3	H	4,16
	4	H	2,08	4	K	2,08
		Média	3,64		Média	5,73

#### 2.4.2. Acaricidas utilizados

O acaricida aplicado no primeiro experimento foi o espiroclorfenol (Envidor® 240 SC, Bayer CropScience AG), na dose de 20 mL do produto comercial por 100 L de água (ou 4,8 g do ingrediente ativo por 100 L de água). O acaricida utilizado no segundo experimento foi o ciflumetofem (Okay® Iharabras S.A. Indústrias Químicas), na dose de 40 mL do produto comercial por 100 L de água (ou 8,0 g do ingrediente ativo por 100 L de água).

### 2.4.3. Avaliações

#### 2.4.3.1. Cobertura de pulverização

A cobertura da pulverização foi avaliada em outubro de 2019, no talhão do experimento 1, um dia antes da aplicação dos acaricidas. A pulverização com cada equipamento e tipo de pulverização foi feita apenas com água, e em dia anterior ao da pulverização com acaricida para avaliação do período de controle, para facilitar e permitir que todos os papéis hidrossensíveis pudessem ser colocados e a pulverização com os diferentes equipamentos pudesse ser realizada no mesmo dia. Se a avaliação da cobertura de pulverização fosse feita juntamente com a aplicação do acaricida pelos tratamentos, devido ao tamanho da área experimental, haveria necessidade de colocar e retirar os papéis hidrossensíveis à medida que cada parcela fosse pulverizada, o que consumiu quatro dias.

Para a determinação da cobertura, foram utilizadas quatro plantas por parcela. Em cada planta foram colocados quatro papéis hidrossensíveis, posicionados na parte interna da copa (Figura 4A) dos terços superior, médio e inferior. Nas regiões dos terços superior, médio e inferior, os papéis hidrossensíveis foram colocados na linha central do tronco da planta, respectivamente, a 4 m, 1,8 m e 0,5 m de altura em relação ao nível do solo. Outro papel hidrossensível foi posicionado na região de transição entre as copas das plantas no terço inferior, a 0,5 m de altura em relação ao solo (saia) (Figura 4B).



**Figura 4.** Experimento para a avaliação da cobertura de pulverização, proporcionada pelos diferentes turbopulverizadores. A) Papel hidrossensível posicionado na parte interna da copa da planta. B) Regiões da planta onde foram colocados os papéis hidrossensíveis. C) Papel hidrossensível após a pulverização da calda.

Após a pulverização e a secagem da copa das plantas (Figura 4C), os papéis hidrossensíveis foram recolhidos e devidamente armazenados em saco plástico para evitar o contato com a umidade do ar. Todos os papéis foram digitalizados em scanner convencional a uma resolução de 600 dpi, com 24 milhões de cores, e as imagens salvas em formato JPG. A porcentagem de cobertura foi calculada em função do contraste de cores das imagens obtidas e analisadas pelo software ImageJ – Image Processing and Analysis in Java (Bethesda, MD) conforme descrito por Scapin (2014).

#### **2.4.3.2. Deposição da calda pulverizada**

A avaliação da deposição da calda pulverizada foi realizada no talhão do experimento 1, duas semanas após a aplicação do acaricida. Para a análise de deposição foi utilizado o íon cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ) como traçador, pois a sua análise para quantificação é mais barata e fácil do que para os ingredientes ativos dos acaricidas.

As plantas utilizadas para a avaliação de deposição da calda pulverizada não haviam recebido aplicações de produtos à base de cobre no último mês, antes da aplicação do experimento de avaliação da deposição de calda pulverizada.

Para a avaliação da deposição foi pulverizada uma calda com oxiclreto de cobre (Recop®, 840 WP, Atar do Brasil), na dose de 180 g do produto comercial por 100 L de água (151,2 g de ingrediente ativo por 100 L de água). Quatro plantas de cada repetição por tratamento foram pulverizadas. Após o procedimento e secagem das gotas na superfície foliar, 5 folhas em cada terço da copa [superior, médio e inferior], na região interna da copa, foram coletadas de cada planta. Adicionalmente, de modo semelhante, foram coletadas amostras de folhas em outras quatro plantas que não receberam nenhum dos tratamentos para se avaliar o residual de cobre nas folhas em cada posição e depois subtrair o valor médio das amostras não tratadas do valor encontrado nas amostras tratadas.

Em laboratório, as folhas coletadas, devidamente separadas pelo tratamento, bloco, planta e posição de coleta, tiveram adicionadas uma solução de 50 mL de HCl 0,2 N com agitação por 50 segundos na sequência. Posteriormente, as soluções foram filtradas e colocadas em frascos de plástico com 10 mL de volume. Devidamente identificadas, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos do Centro de Engenharia e Automação do Instituto Agrônomo (CEA/IAC), em Jundiá, SP, para quantificação do cobre iônico ( $\text{Cu}^{+2}$ ) por meio da espectrofotometria de absorção

atômica. As folhas das respectivas amostras foram digitalizadas em scanner convencional a uma resolução de 600 dpi, com 24 milhões de cores, e as imagens salvas em formato JPG para estimativa da área foliar. A quantidade média de calda pulverizada por unidade de área foi calculada pela relação entre a quantidade de  $\text{Cu}^{+2}$  nas amostras e a área foliar para cada amostra correspondente, conforme descrito por Scapin (2014).

#### **2.4.3.3. Tempo para o índice de infestação inicial do ácaro da leprose zerar e período de controle**

Cerca de sete dias após as pulverizações com os equipamentos testados foi realizada uma primeira inspeção de 3% das plantas de cada parcela útil (16 plantas por parcela e três frutos ou ramos por planta), seguindo a mesma metodologia do levantamento prévio do ácaro antes da instalação do experimento. Posteriormente, essas inspeções foram realizadas a cada quinze dias. Ressalta-se que as plantas com a presença de ácaros em inspeções prévias foram marcadas para serem avaliadas nas inspeções posteriores, as demais plantas foram selecionadas aleatoriamente seguindo o caminhamento dentro da área útil a fim de completar 16 plantas.

Com os dados das inspeções foram avaliados o tempo para zerar, isto é, período, em dias, para que a infestação do ácaro da leprose não fosse detectada na inspeção após a aplicação dos tratamentos, e o período de controle do ácaro, calculado como a diferença de dias entre o momento da aplicação do acaricida e a detecção do nível de infestação de 5% dos órgãos amostrados ( $\geq 3$  órgãos com a presença do ácaro na parcela útil).

#### **2.4.3.4. Incidência de plantas e frutos com sintomas de leprose**

Nos dois talhões, foi realizada uma avaliação para a determinação de incidência de sintomas da doença em plantas e frutos, para as diferentes parcelas de cada tratamento, em novembro de 2020, antes da colheita dos frutos de ambos os talhões. Para isso foi avaliada a presença de sintomas recentes da doença em frutos, folhas e ramos (Figura 5), que surgiram após as aplicações dos diferentes tratamentos em cada uma das parcelas.



**Figura 5.** Sintomas da leprose dos citros, em frutos (A), folhas (B) e ramos (C), considerados na avaliação para a incidência da doença.

Para a determinação da incidência de plantas com sintomas da leprose, foram avaliadas todas as plantas das três linhas centrais de cada parcela útil, verificando-se a presença ou ausência de sintomas recentes da doença (Figura 5), surgidos após a aplicação dos diferentes tratamentos. Para a determinação da incidência de frutos com sintomas recentes de leprose, foram pré-escolhidas 15 plantas dentro de cada parcela útil, sendo 5 plantas por linhas espaçadas sistematicamente de modo a permitir uma amostragem representativa em toda área da parcela útil. Em cada uma dessas plantas pré-selecionadas foram contados aleatoriamente 50 frutos de cada lado da planta (100 frutos no total), sem retirá-los das plantas avaliadas, verificando-se a quantidade desses frutos que apresentavam sintomas da doença. Para ambas as avaliações, foi determinada a porcentagem média de plantas e frutos que apresentavam sintomas de leprose.

#### **2.4.3.5. Capacidade de campo operacional efetiva e custo operacional**

Para cada um dos três equipamentos, foi medido a capacidade de campo operacional efetiva para o cálculo do custo de operação. Para isso, foi medida a quantidade de horas necessárias para a pulverização por cada equipamento em cada uma das quatro parcelas e depois o valor foi convertido em horas por hectare tratado. Foi registrado também, o consumo médio de acaricida e o consumo médio de óleo diesel por hora máquina trabalhada e tempo médio de trabalho com mão de obra de tratorista necessária para aplicar cada um dos tratamentos em um hectare do pomar. Como base de cálculo para a estimativa de custos, foram considerados os valores médios unitários de R\$ 15,24 por hora de tratorista, R\$ 2,58 por litro de óleo diesel, R\$ 356,12 por litro do acaricida Envidor® e R\$ 182,20 por litro do acaricida Okay®. Com a quantidade e o custo unitário de todas essas variáveis, foi calculado o custo

operacional médio, em reais (R\$) por hectare, para a aplicação de cada um dos três tratamentos.

## **2.5. Experimentos para a avaliação da mortalidade do ácaro da leprose confinados em folhas destacadas pulverizadas com acaricida**

### **2.5.1. Local e delineamento experimental**

No talhão 2, foram conduzidos outros dois experimentos (Experimentos 3 e 4) para a avaliação da mortalidade do ácaro da leprose em folhas destacadas pulverizadas com acaricida, um em abril de 2020, com os frutos ainda pequenos e em crescimento com diâmetro médio de 68 mm, e outro em novembro de 2020, com os frutos maduros próximo à colheita e diâmetro médio de 95 mm.

Em cada experimento foram selecionadas três linhas de plantio do talhão, uma para a aplicação de cada um dos três tratamentos ‘Equipamento/Tipo de pulverização’ (Tratamento principal). Em cada rua foram selecionadas plantas semelhantes quanto ao tamanho e enfolhamento para a colocação das folhas e papéis hidrossensíveis em três ‘Posições na planta’ (Tratamento secundário). No experimento 3 foram selecionadas 20 plantas (repetições) e, no experimento 4, 18 plantas (repetições). Assim os experimentos foram montados como parcelas subdivididas no delineamento inteiramente ao acaso.

### **2.5.2. Instalação e aplicação dos tratamentos**

Para estes experimentos, foram coletadas folhas de laranjeira ‘Pêra Rio’, no pomar da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), em Jaboticabal-SP, no estágio V7, caracterizadas por apresentar ramo maduro com coloração verde escura e folhas com total expansão lateral, sem resíduos de defensivos agrícolas, danos ou ferimentos mecânicos e sintomas de doença. As folhas foram coletadas na véspera da aplicação dos tratamentos. As folhas foram lavadas em água corrente e secadas na sombra. Após isso foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em geladeira, até o momento da pulverização com os equipamentos, para manutenção da sua turgescência.

As folhas destacadas foram posicionadas nos terços superior, médio e inferior, sempre na parte interna da copa, totalizando três folhas por planta. As folhas foram grampeadas na região do pecíolo em um pedaço de papel sulfite de 3,0 cm x 10,0 cm, com a face adaxial voltada para receber os tratamentos e fixadas nas plantas. Juntamente com cada folha, foi colocado um papel hidrossensível, para avaliar a cobertura de pulverização recebida em cada folha (Figura 6A).

Os três tratamentos foram aplicados seguindo as mesmas regulagens e volume de calda, descritas no item 2.3. Foi aplicada uma calda contendo o acaricida ciflumetofem (Okay® Iharabras S.A. Indústrias Químicas), na dose de 40 mL do produto comercial por 100 L de água (ou 8,0 g do ingrediente ativo por 100 L de água). Este acaricida foi utilizado por apresentar um efeito mais rápido sobre ácaro da leprose, sendo mais adequado para este tipo de experimento.

Após a aplicação da calda contendo acaricida e secagem das plantas (Figura 6B), as folhas foram coletadas e devidamente acondicionadas em sacos de papel, identificadas por tratamento e posição nas plantas e mantidas em refrigeração até a transferência dos ácaros. Os papéis hidrossensíveis, foram coletados e acondicionados em sacos plásticos e na sequência foram digitalizados e tiveram a sua porcentagem de cobertura calculada, seguindo a mesma metodologia descrita no item 2.4.3.1.



**Figura 6.** Experimento para avaliação da mortalidade de ácaros em folhas destacadas e pulverizadas com acaricida. A) Posicionamento das folhas sem resíduos de agrotóxicos, juntamente com o papel hidrossensível no interior da planta. B) Papel hidrossensível e folha destacada após a pulverização pelos equipamentos.

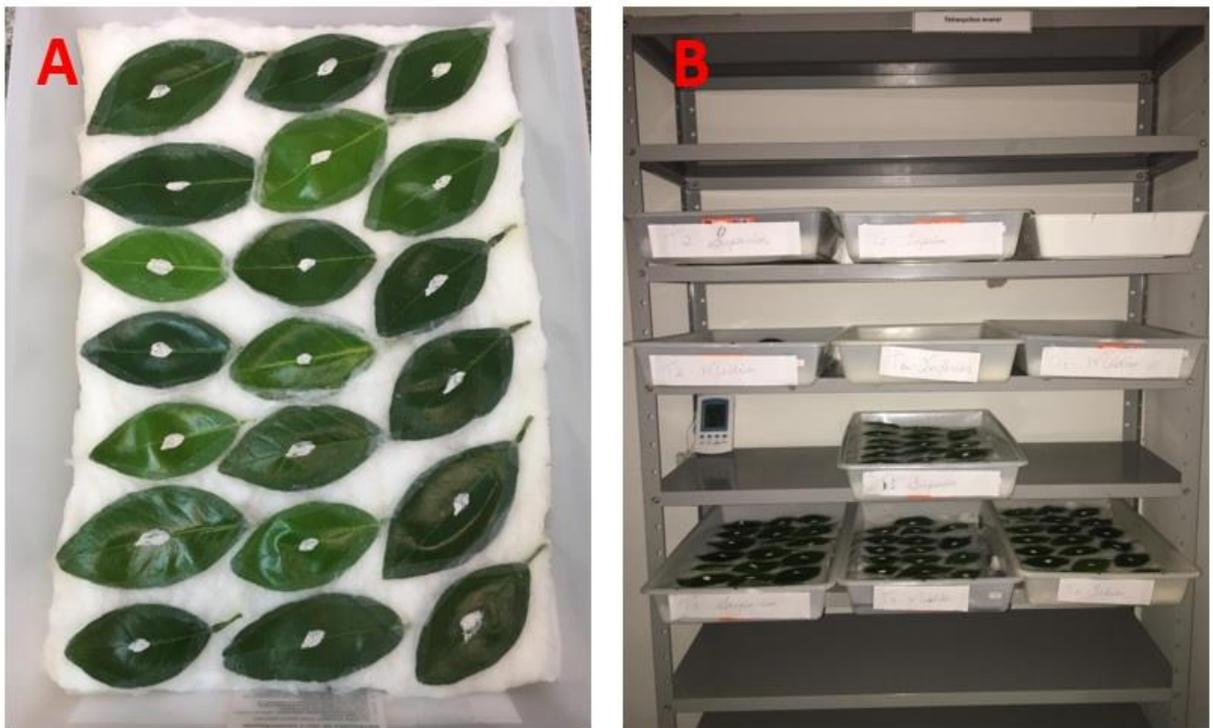
### **2.5.3. Criação do ácaro *Brevipalpus yothersi***

Os ácaros da leprose utilizados nos experimentos foram provenientes de gerações sucessivas de uma criação mantida no laboratório de acarologia da FCAV/UNESP há mais de dez anos. Para início da criação foram coletados ácaros de pomares que há 12 meses não recebiam pulverização com produtos fitossanitários. O substrato utilizado foram frutos de laranja doce, parcialmente parafinados, deixando-se uma área de aproximadamente 10 cm<sup>2</sup>, que foi circundada com cola entomológica (Cola Tatroo<sup>®</sup>) para confinar os ácaros, conforme metodologia adaptada de Chiavegato (1986). Estes frutos foram mantidos em sala climatizada à temperatura de 25 ± 2°C, umidade relativa de 65 ± 10% e fotofase de 14 horas.

### **2.5.4. Transferência dos ácaros e avaliação da mortalidade**

No laboratório de acarologia da FCAV/UNESP, as folhas foram colocadas com a face adaxial voltada para cima em bandejas de polietileno de 34 cm x 36 cm x 16 cm, forradas com espuma de 1 cm de espessura e algodão hidrófilo umedecido em água, a fim de manter a turgescência das folhas (Figura 7A). As folhas foram circundadas com algodão hidrófilo umedecido em água para evitar a fuga dos ácaros, conforme metodologia de Knight et al. (1990). Na Região central de cada folha, foi colocada uma mistura contendo gesso, areia fina, farinha de trigo e água, na proporção de 1:1:1:1, com a finalidade de simular lesões de verrugose, onde os ácaros preferem se abrigar, evitando que eles saiam da folha. Como tratamento testemunha, foram utilizadas 20 folhas de laranjeira doce, que não receberam a aplicação da calda com acaricida.

Aproximadamente 24 horas após a pulverização pelos turbopulverizadores, foram transferidos 10 ácaros fêmeas adultas de *B. yothersi* por folha, com auxílio de um pincel sob microscópio estereoscópico. As folhas foram mantidas em câmara climatizada nas mesmas condições mencionadas para a criação de *B. yothersi* (Figura 7B). Avaliações de mortalidade foram realizadas diariamente sob microscópio estereoscópico durante três dias após a transferência dos ácaros, contabilizando-se o número de ácaros mortos, vivos e presos na barreira de algodão.



**Figura 7.** Montagem do experimento, para a avaliação de mortalidade A) Preparação das folhas, para transferência dos ácaros, com forração das bandejas com espuma e algodão umedecido e forração das laterais das folhas. B) Acondicionamento das bandejas em condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotofase, após a transferência dos ácaros.

## 2.6. Análise dos dados

Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa AgroEstat (Barbosa & Maldonado Júnior, 2015).

Os experimentos 1 e 2 foram analisados separadamente. As médias dos valores de tempo para zerar, período de controle do ácaro para 5% de infestação, incidência de plantas com sintomas e incidência de frutos com sintomas para cada parcela e tratamento foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, considerando o delineamento em blocos casualizados com quatro blocos (repetições). As médias de cobertura e deposição de calda pulverizada por cada tratamento ‘Equipamento/Tipo de pulverização’ (Tratamento principal) e ‘Posição na planta’ (Tratamento secundário) para cada parcela e tratamento foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, considerando o experimento com parcelas subdivididas em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

Os experimentos 3 e 4 foram analisados separadamente. As médias da mortalidade de ácaros nas folhas destacadas em cada dia após a transferência do ácaro e a cobertura da calda nos papéis hidrossensíveis em cada tratamento ‘Equipamento/Tipo de pulverização’ (Tratamento principal) e ‘Posição na planta’ (Tratamento secundário), para cada planta (repetição) e tratamento foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, considerando o experimento com parcelas subdivididas em delineamento inteiramente casualizado com 20 repetições.

Antes da análise de variâncias, todas as médias das variáveis avaliadas foram submetidas aos testes de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento 1, com pulverização do acaricida espiroclorfenol em meados de outubro de 2019, a infestação inicial do ácaro da leprose, que era, em média, de 3,9% de frutos com ácaro, foi zerada em 15,4 dias, na média. O período de controle médio do ácaro observado foi de 271,3 dias, resultando, em novembro de 2020, na incidência média de 8,6% de plantas e 9,0% de frutos com sintomas de leprose.

No experimento 2, com aplicação do acaricida ciflumetofem no final de junho de 2020, a infestação inicial média do ácaro, que era de 5,7% de frutos com ácaro, foi zerada em 25,2 dias, na média. O período de controle médio do ácaro observado foi de 159,2 dias, resultando, em novembro de 2020, na incidência média de 8,7% de plantas e 8,3% de frutos com sintomas de leprose.

As diferenças observadas entre estes dois experimentos no tempo para zera (maior no exp. 2) e período de controle do ácaro da leprose (menor no exp. 2) podem estar associadas aos acaricidas aplicados, à infestação inicial do ácaro no momento da pulverização do acaricida (maior no exp. 2) e à época da pulverização com os equipamentos (clima menos favorável à aplicação e mais favorável à reprodução e sobrevivência do ácaro no exp. 2). Entretanto, estas diferenças no controle do ácaro da leprose não foram suficientes para que a incidência de plantas e frutos com sintomas de leprose fossem diferentes entre os dois experimentos (Tabelas 3 e 4).

No momento da pulverização com os equipamentos/tipo de pulverização, as plantas do talhão do experimento 1 apresentavam um maior enfolhamento e carga de frutos (152 frutos.m<sup>2</sup>) em relação às plantas do talhão dos experimentos 2 e 3 (57 frutos.m<sup>2</sup>). Grande quantidade de folhas e frutos na copa da planta representam uma barreira que dificulta uma boa cobertura e deposição da calda pulverizada, especialmente no interior da copa (Oliveira et al., 2001). Entretanto, essa condição de maior enfolhamento e carga de frutos nas plantas do experimento 1 não explica a diferença no período de controle do ácaro entre os dois experimentos.

**Tabela 3.** Valores médios ( $\pm$  erro padrão da média) da infestação inicial, do tempo para zerar a população e do período de controle para atingir 5% de infestação do ácaro da leprose dos citros após a pulverização do acaricida espiroclifeno pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 1. Pulverização com os equipamentos de 15 a 18 de outubro de 2019.

Equipamento e tipo de pulverização	Infestação inicial* (%)		Tempo para zerar (dias)		Período de controle para infestação $\geq 5\%$ (dias)	Incidência de leprose (%)**				
						Plantas		Frutos		
FMCopling® Guliver 4000 bilateral	4,2 $\pm$ 0,3	ns	14,5 $\pm$ 0,8	ns	257,8 $\pm$ 11,0	ns	7,2 $\pm$ 1,1	ns	7,6 $\pm$ 1,5	ns
Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	3,7 $\pm$ 0,1		14,8 $\pm$ 3,4		261,3 $\pm$ 9,8		8,5 $\pm$ 2,7		10,2 $\pm$ 1,4	
Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral	3,7 $\pm$ 0,1		17,0 $\pm$ 3,4		294,8 $\pm$ 6,8		10,1 $\pm$ 3,5		9,1 $\pm$ 2,8	
Valor de P	0,4219		0,8574		0,1145		0,8280		0,7723	
DMS (5%)	1,2		15,0		49,7		14,0		10,5	

<sup>ns</sup> Médias na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Média  $\pm$  erro padrão da média de quatro repetições por tratamento.

\*Inspeção antes da aplicação dos tratamentos.

\*\* Avaliação da incidência de sintomas novos de leprose aos 13 meses após a aplicação dos tratamentos.

**Tabela 4.** Valores médios ( $\pm$  erro padrão da média) da infestação inicial, do tempo para zerar a população e do período de controle para atingir 5% de infestação do ácaro da leprose dos citros após a pulverização do acaricida ciflumetofem pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 2. Pulverização com os equipamentos de 23 a 26 de junho de 2020.

Equipamento e tipo de pulverização	Infestação inicial* (%)		Tempo para zerar (dias)		Período de controle para infestação $\geq 5\%$ (dias)		Incidência de leprose (%)**			
							Plantas		Frutos	
FMCopling® Guliver 4000 bilateral	5,7 $\pm$ 0,4	ns	29,5 $\pm$ 9,8	ns	149,5 $\pm$ 8,1	ns	6,7 $\pm$ 1,2	ns	5,8 $\pm$ 1,4	ns
Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	5,7 $\pm$ 0,9		21,5 $\pm$ 6,0		160,5 $\pm$ 7,4		9,8 $\pm$ 1,3		10,5 $\pm$ 1,4	
Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral	5,7 $\pm$ 1,2		24,5 $\pm$ 7,7		167,5 $\pm$ 7,0		9,6 $\pm$ 0,5		8,7 $\pm$ 0,4	
Valor de P	1		0,8459		0,4303		0,2460		0,1368	
DMS (5%)	4,8		42,3		39,9		5,6		6,2	

<sup>ns</sup> Médias na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

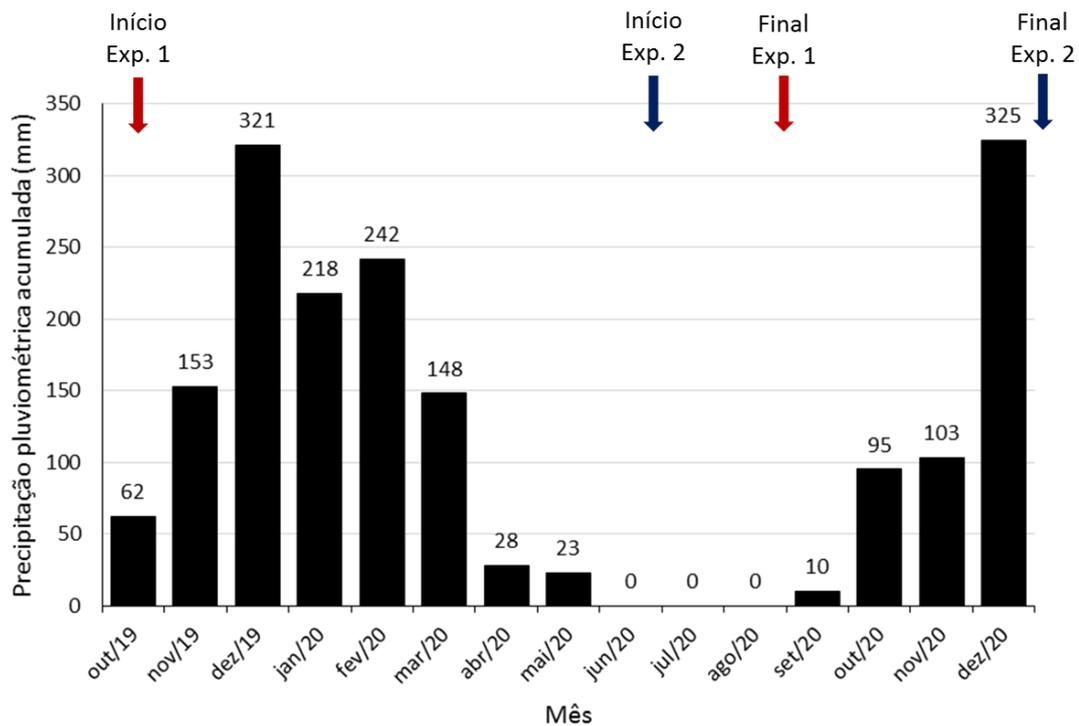
Média  $\pm$  erro padrão da média de quatro repetições por tratamento.

\*Inspeção antes da aplicação dos tratamentos.

\*\* Avaliação da incidência de sintomas novos de leprose aos 5 meses após a aplicação dos tratamentos.

Por sua vez, as condições climáticas durante as pulverizações com os equipamentos (efeito na qualidade da pulverização e mortalidade do ácaro) e durante o período de avaliação (efeito na reprodução e sobrevivência do ácaro), explicam melhor as diferenças no período de controle do ácaro entre os experimentos 1 e 2. Nos dias das pulverizações no experimento 1, a umidade relativa do ar (UR) média foi de 55% e a temperatura do ar média de 28,8 °C, enquanto que, no experimento 2, a UR média foi de 24% e a temperatura média de 20,8 °C. Segundo ANDEF (2004), a temperatura, e principalmente a umidade relativa do ar, contribuem para a evaporação rápida das gotas durante a pulverização, sendo as condições limites para uma pulverização UR igual ou maior que 55%, temperatura abaixo de 30 °C e velocidade do vento entre 3 a 10 km.h<sup>-1</sup>. Portanto, a baixa UR observada na aplicação do experimento 2, pode ter prejudicado a pulverização e, em consequência a eficácia de controle do ácaro da leprose.

Além disso, as condições climáticas após a pulverização do experimento 2 provavelmente foram mais favoráveis à reprodução e sobrevivência do ácaro da leprose que não foi controlado pela pulverização, conseqüentemente, reduzindo o período de controle do ácaro em 112 dias em relação ao experimento 1. No experimento 1, aplicado em meados de outubro de 2019, a primeira chuva significativa (>5 mm) ocorreu depois de 7 e 4 dias da aplicação da primeira e da última parcela, respectivamente. A precipitação pluviométrica acumulada nos primeiros seis meses após a aplicação no experimento 1 foi de 1.144 mm, com média mensal de 190,7 mm (Figura 8). A ausência de chuva na primeira semana após a aplicação dos tratamentos afetou pouco a eficácia do acaricida sobre a mortalidade dos ácaros (efeito de choque). Contudo, a alta intensidade das chuvas nas semanas seguintes pode ter afetado negativamente a reprodução e a sobrevivência dos ácaros remanescentes após a aplicação do acaricida. A chuva somente escasseou a partir de abril de 2020, favorecendo o aumento populacional do ácaro a partir deste momento. No experimento 2, aplicado na última semana de junho de 2020, os primeiros quatro meses foram extremamente secos, não havendo precipitação pluviométrica em junho, julho e agosto, e apenas 10 mm em setembro de 2020, sendo provavelmente favoráveis ao aumento populacional do ácaro. Chuvas significativas somente ocorreram a partir de outubro de 2020 (Figura 8).



**Figura 8.** Precipitação mensal acumulada (mm) de outubro de 2019 a dezembro de 2020, na fazenda onde foram realizados os experimentos 1 e 2, no município de Colômbia-SP. Setas vermelhas e azuis indicam o início e o final dos experimentos 1 e 2, respectivamente. O experimento foi encerrado quando foi observado índice de infestação do ácaro da leprose  $\geq 5\%$  em todas as parcelas.

Durante os meses secos, quando o estresse hídrico das plantas é maior, o ácaro da leprose atinge os níveis populacionais mais elevados, enquanto que à medida na qual a precipitação pluvial e a fração de água disponível no solo aumentam e a condição hídrica das plantas melhora, ocorre o decréscimo gradativo da população do ácaro (Trindade & Chiavegato, 1994; Andrade et al., 2008; Laranjeira et al., 2015).

Apesar dos dois experimentos terem sido realizados em condições diferentes, como descrito acima, o desempenho dos três turbopulverizadores dentro de cada experimento foi semelhante.

Nestes dois experimentos, não foram observadas diferenças significativas entre os ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’ para as variáveis tempo para zerar o nível de infestação do ácaro ( $P=0,8574$  e  $P=0,8459$  nos experimentos 1 e 2, respectivamente), período de controle do ácaro para atingir o nível de infestação igual ou maior que 5% ( $P=0,1145$  e  $P=0,4303$  nos experimentos 1 e 2, respectivamente), incidência de plantas ( $P=0,8280$  e  $P=2460$  nos experimentos 1 e 2, respectivamente) e de frutos ( $P=0,7723$  e  $P=0,1368$  nos experimentos 1 e 2, respectivamente) com sintomas de leprose (Tabelas 3 e 4).

Com relação à cobertura da pulverização, observou-se que o efeito do tratamento principal ‘Equipamento/Tipo de pulverização’ não foi significativo ( $P=0,2091$ ) e que os efeitos do tratamento secundário ‘Posição na planta’ e da interação ‘Equipamento/Tipo de pulverização’ X ‘Posição na planta’ foram significativos ( $P=0,004$  e  $P=0,0465$ , respectivamente). Este resultado indica que apesar de os três ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’ avaliados proporcionarem a mesma cobertura de pulverização média, as diferenças observadas na cobertura de pulverização em cada posição da planta variaram entre os equipamentos e os tipos de pulverização. As coberturas médias proporcionadas pelos diferentes turbopulverizadores e tipos de pulverização em qualquer uma das posições da copa avaliadas variaram de 43,2 a 82,5% (Tabela 5). As médias de cobertura de pulverização dos equipamentos e tipos de pulverização não diferiram entre si dentro das posições terço superior ( $P=0,2434$ ), terço médio ( $P=0,1306$ ) e terço inferior ( $P=0,5146$ ), mas a cobertura na saia para o Jacto unilateral foi menor que as dos demais equipamentos na pulverização bilateral ( $P=0,0133$ ). As médias de cobertura nas diferentes posições não diferiram entre si dentro do Jacto unilateral ( $P=0,0529$ ) e bilateral ( $P=0,0817$ ), enquanto que para o FMCopling bilateral a cobertura no terço médio foi menor que nas demais posições ( $P=0,0063$ ).

Com relação à deposição da calda pulverizada, observou-se efeitos significativos do tratamento principal ‘Equipamento/Tipo de pulverização’ ( $P=0,0005$ ), tratamento secundário ‘Posição na planta’ ( $P=0,0299$ ) e interação ‘Equipamento/Tipo de pulverização’ X ‘Posição na planta’ também foi significativo ( $P=0,0013$ ). As deposições médias proporcionadas pelos diferentes turbopulverizadores e tipos de pulverização em qualquer uma das posições da copa avaliadas variaram de 3,6 a 7,9  $\mu\text{g}$  de  $\text{Cu}^{2+} \cdot \text{cm}^{-2}$  de folha (Tabela 6). As médias de deposição dentro de cada posição diferiram entre os equipamentos e tipos de pulverização (terço médio  $P=0,0001$ ; terço superior  $P=0,0001$ ). No terço inferior a deposição do Jacto unilateral foi menor que a do Jacto bilateral, mas ambas não diferiram do FMCopling bilateral ( $P=0,0069$ ). Nos terços médio e superior, a deposição do FMCopling bilateral foi menor que a do Jacto uni- e bilateral ( $P=0,0001$  para as duas posições). O FMCopling bilateral apresentou maior média de deposição no terço inferior em relação ao terço médio e terço superior ( $P=0,003$ ). O Jacto bilateral não apresentou diferenças de deposição entre as posições ( $P=0,8146$ ), mas o Jacto unilateral teve maior deposição no terço superior em relação ao terço inferior, sendo a deposição em ambas as posições não diferentes da deposição no terço médio ( $P=0,0205$ ).

**Tabela 5.** Cobertura de pulverização (média  $\pm$  erro padrão da média) no terço superior, terço médio, terço inferior e saia da parte interna da copa da planta com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização.

Equipamento e tipo de pulverização	Cobertura nas diferentes posições na planta (%)*									
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior	Saia	P	DMS (5%)	Média			
FMCopling® Guliver 4000 bilateral	71,6 $\pm$ 6,3 aA	43,2 $\pm$ 4,5 aB	70,9 $\pm$ 6,5 aA	76,5 $\pm$ 9,8 aA	0,0063	26,7	70,7 a			
Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	59,9 $\pm$ 5,8 aA	63,8 $\pm$ 7,3 aA	82,5 $\pm$ 6,1 aA	76,4 $\pm$ 5,3 aA	0,0817	26,7	65,5 a			
Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral	54,7 $\pm$ 8,4 aA	57,0 $\pm$ 5,9 aA	75,2 $\pm$ 3,1 aA	48,8 $\pm$ 8,4 bA	0,0529	26,7	58,9 a			
P	0,2434	0,1306	0,5146	0,0133			0,2091			
DMS (5%)	24,8	24,8	24,8	24,8			17,8			
Média	62,1	<sup>A</sup> B	54,7	B	76,2	A	67,2	AB	0,0465	14,9

Valores com letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $P \leq 0,05$ ).

Valores com letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $P \leq 0,05$ ).

\*Média  $\pm$  erro padrão da média de quatro repetições com quatro plantas por tratamento e um papel hidrossensível por posição. Em cada posição os papéis hidrossensíveis foram colocados no interior da copa, próximos ao tronco.

**Tabela 6.** Deposição de cobre (média  $\pm$  erro padrão da média) no terço superior, terço médio e terço inferior da parte interna da copa da planta com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização.

Equipamento e tipo de pulverização	Deposição nas diferentes posições na planta ( $\mu\text{g de Cu}^{2+} \cdot \text{cm}^{-2}$ de folha)*						P	DMS (5%)	Média
	Terço superior	Terço médio		Terço inferior					
FMCopling® Guliver 4000 bilateral	3,9 $\pm$ 0,4 bB	3,6 $\pm$ 0,5 bB	6,8 $\pm$ 0,2 abA			0,0003	1,8	4,8 c	
Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	7,7 $\pm$ 0,3 aA	7,5 $\pm$ 0,3 aA	7,9 $\pm$ 0,6 aA			0,8146	1,8	7,7 a	
Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral	7,6 $\pm$ 0,5 aA	5,8 $\pm$ 0,7 aB	5,6 $\pm$ 0,4 bB			0,0205	1,8	6,3 b	
P	0,0001	0,0001	0,0069					0,0005	
DMS (5%)	1,7	1,7	1,7					1,1	
Média	6,4 AB	5,6 B	6,8 A			0,0013	1,0		

Valores com letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $P \leq 0,05$ ).

Valores com letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $P \leq 0,05$ ).

\*Média  $\pm$  erro padrão da média de quatro repetições com quatro plantas por tratamento e cinco folhas por posição.

Geralmente, menores valores de cobertura e deposição da calda pulverizada são observados no terço superior, seguido dos terços médio e inferior da copa (Ramos et al., 2007; Bazzo, 2016; Sichieri, 2018). Neste trabalho, considerando-se a cobertura, apenas o pulverizador FMCopling bilateral mostrou diferença nos resultados, com uma cobertura inferior no terço médio da planta em relação aos terços superior e inferior. Os turbopulverizadores Jacto bilateral e unilateral apresentaram coberturas semelhantes nos três terços (Tabela 5). Analisando-se a deposição, o Jacto bilateral foi o mais eficiente em distribuir o ingrediente ativo de forma homogênea em todas as posições avaliadas, observando-se para o FMCopling bilateral uma maior concentração no terço inferior e, para o Jacto unilateral, uma maior concentração no terço superior (Tabela 6), o que pode ser explicado pela distribuição da cortina de ar e pela distância da ponta de pulverização em relação ao alvo. Quanto maior essa distância da ponta de pulverização até o alvo, maior é a chance de perda por deriva e evaporação da gota durante o percurso (ANDEF, 2004; Decaro Júnior, 2015).

A menor altura do centro da turbina do turbopulverizador FMCopling (1,9 m) em relação à altura no terço médio da copa da planta (2,8 m), pode explicar as menores médias de cobertura e, principalmente, deposição observadas no terço médio e terço superior das plantas, uma vez que o vento produzido tem que percorrer uma maior distância da ponta de aplicação até a copa da planta e perde velocidade. Para o Jacto bilateral, a altura do centro da turbina a 2,4 m do solo estava mais próxima da altura média da copa e não se observaram diferenças entre as médias de cobertura e deposição nas diferentes posições da planta. No Jacto unilateral, também com o centro da turbina a 2,4 m do solo, mas com o defletor tipo voluta que auxilia no direcionamento do ar e gotas para o terço superior da copa, não houve diferença de cobertura nas diferentes alturas de copa, mas a deposição foi maior no terço superior que nos demais. O ideal é que o centro da turbina fique centralizado na região mediana da altura das plantas (Scapin & Ramos, 2017).

A não diferença das médias de cobertura de pulverização para as aplicações bilateral e unilateral (Tabela 5), podem ser explicados pela condição das plantas do talhão do experimento 1 no momento da aplicação. As plantas, com 9 anos de idade, nunca haviam sido podadas e apresentavam profundidade média de 4,5 m. Sendo o espaçamento entre as linhas de plantio de 6,8 m, restaram apenas 2,3 m livres para a passagem dos turbopulverizadores. A largura do turbopulverizador Jacto sem e com defletor é de 1,91 a 1,95 m, respectivamente, e do FMCopling é de 2,1 m. Dessa maneira, para todas as pulverizações, os turbopulverizadores deslocaram-se centralizados na entrelinha de plantio, com a mesma distância das pontas de

pulverização em relação a copa das plantas na pulverização unilateral e bilateral, bem próximos à copa das plantas. No momento da pulverização, em todos os equipamentos, foi visto que o ramal de pulverização chegava a tocar nos ramos das plantas. Se a pulverização tivesse sido realizada em um talhão com uma maior distância entre as copas das plantas na entrelinha de plantio, em que o turbopulverizador bilateral tivesse que passar no meio da entrelinha e o unilateral pudesse se aproximar adequadamente das plantas, o valor de cobertura de pulverização observado poderia ser diferente entre os equipamentos, com uma possível desvantagem ao turbopulverizador bilateral, que apresentaria uma maior distância das pontas de pulverização em relação à copa das plantas. O talhão do experimento 2, também apresentava as mesmas condições de volume de copa no momento da aplicação, o que corrobora com os mesmos valores de cobertura de pulverização média, obtidos nos experimentos 3 e 4 de mortalidade em folhas destacadas (Tabelas 7 e 8). Da mesma forma, isto também poderia explicar a deposição da pulverização quando se compararam as aplicações bilaterais com a unilateral. A pulverização bilateral com o FMCopling teve a menor deposição média nos terços superior e médio em relação aos turbopulverizadores Jacto bilateral e unilateral, que não diferiram entre si nestas posições (Tabela 6). No terço inferior, a deposição média com o Jacto bilateral foi igual a com FMCopling bilateral, mas superior a com Jacto unilateral.

As diferenças observadas entre os 'Equipamentos/Tipo de pulverização' para os valores de deposição de pulverização não foram suficientes para proporcionar diferenças significativas na eficácia de controle do ácaro e da doença entre os equipamentos (Tabelas 3 e 4). Embora, não se tenham trabalhos mostrando qual deveria ser a deposição mínima de cobre, que represente uma deposição mínima de acaricida para o controle eficiente do ácaro da leprose, todas as deposições médias proporcionadas pelos equipamentos avaliados neste trabalho foram iguais ou maiores que  $3,6 \mu\text{g de Cu}^{2+} \cdot \text{cm}^{-2}$  de folha. Estes valores foram superiores aos  $1,5$  e  $2,2 \mu\text{g de Cu}^{2+} \cdot \text{cm}^{-2}$  de folha obtidos por Nishida et al. (*dados não publicados*), aplicando um volume de calda de  $200 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-3}$  de copa com os turbopulverizadores Jacto unilateral e o FMCopling bilateral, que resultou em períodos de controle médios do ácaro da leprose de 232 e 376 dias com o acaricida espiroclorfenol, respectivamente, e de 257 e 297 dias com o acaricida ciflumetofem, respectivamente. Também foram iguais ou superiores aos valores de deposição de cobre obtidos por Sichieri (2018), utilizando o turbopulverizador Natali® 4000 bilateral, no volume de  $140 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-3}$  de copa, que resultou em um período de controle médio do ácaro da leprose entre 62 e 230 dias com a mistura de propargite + hexitiazox. Adicionalmente, todas as coberturas médias obtidas pelos três tratamentos avaliados foram

acima dos 40% citados por Scapin & Ramos (2017) como necessários para o controle do ácaro da leprose. Assim, pode-se considerar que todos os equipamentos de pulverização proporcionaram deposição e cobertura de pulverização adequadas para o controle do ácaro da leprose.

Os resultados da eficácia de controle do ácaro da leprose observados nos experimentos 1 e 2, avaliada pelo tempo para zerar a população e pelo período de controle do ácaro, foram ratificados pelos experimentos 3 e 4, que avaliaram a mortalidade do ácaro da leprose colocados sobre folhas destacadas que receberam pulverização do acaricida ciflumetofem no campo por cada um dos equipamentos (Tabelas 7 e 8). Nos dois dias após a transferência dos ácaros para os frutos (1 DAT e 2 DAT), menores médias de mortalidade foram observadas para o FMCopling bilateral em relação ao Jacto unilateral, ficando a mortalidade pelo Jacto bilateral em posição intermediária. Entretanto, aos 3 DAT não foram observadas diferenças significativas para o efeito ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’ (no experimento 3  $P=0,1789$  e no experimento 4  $P=0,1938$ ), para o efeito ‘Posição na planta’ (no experimento 3  $P=0,4795$  e no experimento 4  $P=0,1938$ ) e para o efeito da interação ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’ X ‘Posição na planta’ (no experimento 3  $P=0,7965$  e no experimento 4  $P=0,1625$ ). Nos dois experimentos, a mortalidade dos ácaros aos 3 DAT foi maior que 98% para os equipamentos de pulverização e posição na planta. Quanto à cobertura de pulverização nos experimentos 3 e 4, não foi detectada diferença significativa para o efeito ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’ (no experimento 3  $P=0,1879$  e no experimento 4  $P=0,9672$ ) e para o efeito da interação ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’ X ‘Posição na planta’ (no experimento 3  $P=0,4247$  e no experimento 4  $P=0,6014$ ). Para o efeito ‘Posição na planta’ foi observado efeito significativo no experimento 3 ( $P=0,0001$ ), sendo a cobertura menor nos terços superior e médio da copa que no terço inferior, mas não significativo no experimento 4 ( $P=0,2443$ ).

**Tabela 7.** Mortalidade do ácaro da leprose dos citros em folhas destacadas e cobertura da pulverização em papéis hidrossensíveis (média ± erro padrão da média) posicionados no interior da copa da planta no terço superior, terço médio e terço inferior, após a pulverização do acaricida ciflumetofem pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 3.

Fator	Níveis	Mortalidade do ácaro (%)*			Cobertura de pulverização (%)**
		1 DAT	2 DAT	3 DAT	
Equipamento e tipo de pulverização	FMCopling® Guliver 4000 bilateral	84,2 ± 2,6 b	96,0 ± 1,6 b	98,5 ± 1,1 a	59,6 ± 4,2 a
	Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	79,5 ± 2,9 b	98,3 ± 0,7 ab	99,8 ± 0,2 a	65,8 ± 4,5 a
	Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral	98,5 ± 0,6 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	70,1 ± 4,1 a
	DMS (5%)	6,9	3,1	2,1	13,0
	Valor de P	0,0001	0,0107	0,1697	0,1591
Posição na planta	Terço superior	91,7 ± 2,0 a	98,5 ± 0,8 a	99,8 ± 0,2 a	55,8 ± 4,5 b
	Terço médio	85,3 ± 2,4 a	98,0 ± 1,1 a	99,7 ± 1,0 a	59,4 ± 4,2 b
	Terço inferior	85,2 ± 2,9 a	97,8 ± 1,1 a	98,8 ± 0,3 a	80,4 ± 3,4 a
	DMS (5%)	7,9	3,5	2,1	14,0
	Valor de P	0,0885	0,8948	0,4889	0,0001

Valores com letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $P \leq 0,05$ ).

\*Média ± erro padrão da média de 20 repetições. 10 ácaros adultos transferidos por folha. Não houve mortalidade nas folhas destacadas sem o tratamento acaricida. DAT = dias após a transferência dos ácaros para as folhas tratadas.

\*\* Média ± erro padrão da média de 20 repetições. Cobertura avaliada em papel hidrossensível colocado ao lado da folha destacada.

**Tabela 8.** Mortalidade do ácaro da leprose dos citros em folhas destacadas e cobertura da pulverização em papéis hidrossensíveis (média  $\pm$  erro padrão da média) posicionados no interior da copa da planta no terço superior, terço médio e terço inferior, após a pulverização do acaricida ciflumetofem pelos diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 4.

Fator	Níveis	Mortalidade do ácaro (%)*			Cobertura de pulverização (%)**
		1 DAT	2 DAT	3 DAT	
Equipamento e tipo de pulverização	FMCopling® Guliver 4000 bilateral	90,7 $\pm$ 1,9	a 98,0 $\pm$ 0,8	b 99,3 $\pm$ 0,6	a 63,4 $\pm$ 4,6
	Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	92,6 $\pm$ 1,8	a 99,4 $\pm$ 0,3	ab 100 $\pm$ 0	a 61,8 $\pm$ 3,8
	Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral	95,2 $\pm$ 1,3	a 100 $\pm$ 0	a 100 $\pm$ 0	a 62,8 $\pm$ 4,1
DMS (5%)		5,7	1,8	1,1	13,0
Valor de P		0,1755	0,0239	0,2005	0,5960
Posição na planta	Terço superior	91,1 $\pm$ 1,9	a 98,1 $\pm$ 0,8	a 99,3 $\pm$ 0,6	a 57,5 $\pm$ 4,4
	Terço médio	93,3 $\pm$ 1,6	a 99,6 $\pm$ 0,3	a 100 $\pm$ 0	a 63,0 $\pm$ 4,1
	Terço inferior	94,1 $\pm$ 1,5	a 99,6 $\pm$ 0,3	a 100 $\pm$ 0	a 67,5 $\pm$ 3,9
DMS (5%)		5,4	1,5	1,1	12,7
Valor de P		0,4060	0,0249	0,1955	0,1389

Valores com letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $P \leq 0,05$ ).

\*Média  $\pm$  erro padrão da média de 18 repetições. 10 ácaros adultos transferidos por folha. Não houve mortalidade nas folhas destacadas sem o tratamento acaricida. DAT = dias após a transferência dos ácaros para as folhas tratadas.

\*\* Média  $\pm$  erro padrão da média de 18 repetições. Cobertura avaliada em papel hidrossensível colocado ao lado da folha destacada.

Quanto menor a cobertura do acaricida aplicado na superfície da folha, ramo ou fruto, maior é a área sem o produto e menor é a chance de o ácaro entrar em contato com o acaricida. Entretanto, como o ácaro da leprose se movimenta, mesmo que a cobertura do acaricida aplicado não atinja 100% da superfície dos órgãos onde os ácaros estão, ao caminhar, eles entram em contato com o produto e morrem. Isto foi observado nestes dois experimentos, nos quais as coberturas médias variaram de 50 a 80% e a mortalidade obtida aos 3 DAT foi acima de 98% em todos os tratamentos. Isso, explica porque tratamentos que proporcionam diferentes coberturas de pulverização, desde que acima de determinado valor, podem ter eficiências similares de controle do ácaro. Geralmente, coberturas de pulverização com calda acaricida iguais ou maiores que 40% no interior da copa da planta, na concentração de ingrediente ativo recomendada pelo fabricante, proporcionam mortalidade do ácaro da leprose acima de 90% (Sichieri, 2018) e por isso têm sido usadas como valor de referência de uma boa pulverização para o controle deste ácaro (Scapin & Ramos, 2017).

Como a eficácia de controle do ácaro da leprose e da doença foi semelhante entre os diferentes equipamentos avaliados, a escolha de qual ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’ utilizar recai sobre a capacidade de campo operacional do equipamento e o aspecto econômico, que inclui o custo operacional da pulverização e, também, os custos de aquisição e manutenção dos equipamentos.

Com relação à capacidade de campo operacional efetiva dos ‘Equipamentos/Tipo de pulverização’, o Jacto unilateral precisou em média de 3,32 e 3,22 horas para pulverizar o acaricida em um hectare do talhão nos experimentos 1 e 2, respectivamente (Tabelas 9 e 10). Assim foram necessárias nos experimentos 1 e 2, respectivamente, 2,17 e 2,04 vezes mais horas de tratorista e de óleo diesel para a pulverização da mesma quantidade de acaricida na mesma área em relação ao Jacto bilateral e 1,62 e 1,96 vezes mais horas de tratorista e de óleo diesel em relação ao FMCopling bilateral (Tabelas 9 e 10). Esta diferença de capacidade de campo operacional efetiva é favorável ao tipo de pulverização bilateral que permite a pulverização de uma maior área no mesmo espaço de tempo. Isto é desejável em momentos mais favoráveis ao ácaro da leprose nos quais é necessário pulverizar as áreas imediatamente após a detecção do nível de ação e em menos tempo, ou em momentos em que se tem uma competição pelo uso dos turbopulverizadores para o controle de outras pragas e doenças.

Como o número de plantas para aplicar, a velocidade de deslocamento na pulverização, a capacidade do tanque, o volume de calda pulverizada por hectare, a distância e o tempo de reabastecimento, a jornada de trabalho e o número de horas úteis de trabalho foram os mesmos

para os três equipamentos e tipos de pulverização, as diferenças observadas foram em função da distância percorrida pelos turbopulverizadores nas parcelas e o tempo de manobra. A pulverização unilateral tem que passar duas vezes na mesma rua, enquanto a pulverização bilateral passa uma única vez. O turbopulverizador FMCopling apresenta uma caixa defletora maior (semelhante a um retângulo de 2,1 m de largura e por 3,7 de altura) comparada aos turbopulverizadores Jacto bilateral (semelhante a uma gota com cerca de 1,9 m de diâmetro menor e 2,1 m de diâmetro maior) e Jacto unilateral com defletor do tipo voluta (semelhante a um caracol com cerca de 2,5 m de diâmetro maior e 3,0 m de diâmetro maior), e por causa disso, era necessária uma maior atenção do tratorista durante as manobras para não bater a caixa defletora nas plantas, consumindo um maior tempo de manobra para esse equipamento durante a pulverização nos dois experimentos. Esse maior tempo de manobra, levou a um maior gasto de horas com tratorista por hectare quando comparado ao outro tratamento bilateral (31 minutos no experimento 1 e 4 minutos no experimento 2). No experimento 1, o maior tempo de tratorista para o FMCopling também foi causado pela necessidade de finalizar a pulverização da última parcela deste tratamento no turno da noite. Assim, a pulverização com o Jacto bilateral foi a que apresentou melhor capacidade de campo operacional efetiva, possibilitando a pulverização de acaricida em maior área por dia de trabalho.

Ao comparar o custo total da operação por hectare (custo do tratorista + custo do diesel + custo do acaricida), as diferenças entre os equipamentos foram bem menores que as diferenças na capacidade de campo operacional efetiva. No experimento 1, que utilizou o acaricida espirodiclofeno, a pulverização de um hectare com o Jacto unilateral custou, em média, R\$ 518,49, sendo apenas 14% e 9,8% mais cara que a pulverização com o Jacto bilateral e com o FMCopling bilateral, respectivamente (Tabela 9). No experimento 2, com o acaricida ciflumetofem, a pulverização com o Jacto unilateral custou R\$ 545,46 por hectare, sendo apenas 12,3% e 11,8% mais cara que a pulverização com o Jacto bilateral e com o FMCopling bilateral, respectivamente (Tabela 10). Isto ocorreu porque a quantidade de acaricida pulverizada nos três equipamentos foi a mesma e o custo do acaricida representou mais de 75% do custo total da pulverização.

Ao analisar os dados do custo de pulverização em relação ao período de controle do ácaro proporcionado, no experimento 1, temos um custo de pulverização por hectare por dia de controle de R\$ 1,89; R\$ 1,86 e R\$ 1,85, respectivamente para os turbopulverizadores FMCopling bilateral, Jacto bilateral e Jacto unilateral. Para o experimento 2, os valores foram de R\$ 3,26; R\$ 3,03 e R\$ 3,26.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de controle<sup>-1</sup>, para os mesmos equipamentos,

respectivamente. Desta forma, não houve diferença significativa entre os equipamentos, ao analisar os dados de custo da pulverização com período de controle proporcionado, mesmo a pulverização unilateral tendo um custo maior comparado à pulverização bilateral.

Com relação ao custo de aquisição dos equipamentos utilizados no trabalho, o turbopulverizador FMCOpling bilateral tem um custo médio de R\$ 93.700,00; o turbopulverizador Jacto bilateral mais e o defletor unilateral do tipo voluta têm um custo médio de R\$ 90.500,00; uma diferença de R\$ 3.200,00. Considerando o custo médio por hectare de pulverização para os dois experimentos de R\$ 480,12; R\$ 469,73 e R\$ 531,98 respectivamente, para os turbopulverizadores FMCOpling bilateral, Jacto bilateral e Jacto unilateral, com a diferença de R\$ 3.200,00 na aquisição do Jacto ao invés do FMCOpling seria possível realizar uma pulverização de acaricida em uma área de 6,8 ha no tipo de pulverização bilateral ou em 6,0 ha no tipo de pulverização unilateral.

**Tabela 9.** Quantidade e custo médio por hectare de mão de obra (tratorista), óleo diesel e de acaricida necessários para a pulverização com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 1.

Equipamento e tipo de pulverização	Quantidade por hectare			Custo por hectare (R\$)*			
	Tratorista (horas)	Óleo diesel (litros)	Acaricida (litros)	Tratorista	Óleo diesel	Acaricida	Total
FMCopling® Guliver 4000 bilateral	2,04	16,60	1,12	31,5	42,82	398,21	472,19
Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	1,53	12,42	1,12	23,31	32,04	398,21	453,56
Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral com defletor	3,32	26,99	1,12	50,65	69,63	398,21	518,49

Média de quatro parcelas por tratamento.

\*Custo calculado, considerando-se os valores médios de R\$ 15,24 por hora de tratorista, R\$ 2,58 por litro de óleo diesel e R\$ 356,12 por litro do acaricida Envidor®.

**Tabela 10.** Quantidade e custo médio por hectare de mão de obra (tratorista), óleo diesel e de acaricida necessários para a pulverização com os diferentes equipamentos e tipo de pulverização no experimento 2.

Equipamento e tipo de pulverização	Quantidade por hectare			Custo por hectare (R\$)*			
	Tratorista (horas)	Óleo diesel (litros)	Acaricida (litros)	Tratorista	Óleo diesel	Acaricida	Total
FMCopling® Guliver 4000 bilateral	1,64	13,52	2,35	24,99	34,88	428,17	488,04
Jacto® Arbus Valência 4000 bilateral	1,58	13,04	2,35	24,08	33,64	428,17	485,89
Jacto® Arbus Valência 4000 unilateral com defletor	3,22	26,44	2,35	49,07	68,22	428,17	545,46

Média de quatro parcelas por tratamento.

\*Custo calculado, considerando-se os valores médios de R\$ 15,24 por hora de tratorista, R\$ 2,58 por litro de óleo diesel e R\$ 182,20 por litro do acaricida Okay®.

## 4. CONCLUSÃO

Para as condições nas quais foram realizados os experimentos (região, época do ano, espaçamento de plantio, porte e carga de frutos das plantas e regulação dos equipamentos), conclui-se que os turbopulverizadores FMCoplíng® Guliver 4000 em pulverização bilateral, Jacto® Arbus Valência 4000 em pulverização bilateral e Jacto® Arbus Valência 4000 em pulverização unilateral apresentam a mesma qualidade de pulverização e eficácia de controle do ácaro *B. yothersi* e da leprose dos citros. Dessa forma, a escolha pelo modelo de equipamento e tipo de pulverização poderá ser feita apenas com base na capacidade de campo operacional e nos custos de aquisição, manutenção e operação do equipamento.

## REFERÊNCIAS

- ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. 2004. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. São Paulo: Linea Creativa. 50 p.
- Andrade, D.J., Ferreira, M.C., Martinelli, N.M. 2014. **Aspectos da fitossanidade em citros**. Jaboticabal: Cultura Acadêmica. 265 p.
- Andrade, D.J., Oliveira, C.A.L., Falconi, R.S., Pattaro, F.C., Fernandes, E.J. 2008. Efeito do déficit hídrico e da presença do vírus da leprose dos citros na temperatura foliar e sua relação com a população de *Brevipalpus phoenicis* e a severidade da doença em plantas cítricas. **Laranja** 29:1-15.
- Barbosa, J.C., Maldonado Júnior, W. 2015. **Experimentação agrônômica e AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV-UNESP. CDROM.
- Bassanezi, R.B. 2001. Aspectos da leprose dos citros. **Fitopatologia Brasileira** 26:246-247.
- Bassanezi, R.B. 2019. **Manual de leprose dos citros: medidas essenciais de controle**. 3. ed. Araraquara: Fundecitrus. 23 p.
- Bastianel, M., Astúa, J.F., Kitajima, E.W., Machado, M.A. 2006. The citrus leprosis pathosystem. **Summa Phytopathologica** 32(3):211-220.
- Bastianel, M., Novelli, V.M., Kitajima, E.W., Kubo, K.S., Bassanezi, R.B., Machado, M.A., Freitas-Astúa, J. 2010. Citrus leprosis: centennial of an unusual mite-virus pathosystem. **Plant Disease** 94:284-292.
- Bazzo, A.M. 2016. Distribuição intraplanta do ácaro da leprose dos citros e adequação do volume de calda de acaricida para seu controle. 38 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
- Beard, J.J., Ochoa, R., Braswell, W.E., Bauchan, G.R. 2015. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae) a closer look. **Zootaxa** 3944:1-67.
- Carvalho, G.F.G. 2014. Aplicação de produtos fitossanitários na cultura dos citros utilizando pulverizador envolvente. 67 f. **Tese de Doutorado**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Cati. 1997. Citros: recomendação para o controle das principais pragas e doenças em pomares do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico CATI**. n. 165. 58 p.
- Chiavegato, L.G. 1986. Biologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 21:813-816.
- Childers, C.C., Rodrigues, J.C.V., Welbourn, W.C. 2003. Host plants of *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, and *B. phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) and their potential involvement in the spread of one or more viral diseases vectored by these mites. **Experimental and Applied Acarology** 30:29-105.

Decaro Júnior, S.T. 2015. Avaliação de um pulverizador de volume ultra baixo e de adjuvantes em caldas fitossanitárias na cultura dos citros. 118 f. **Tese de Doutorado**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Feichtenberger, E., Muller, G.W., Guirado, N. 1997. Doenças dos citros. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 246-279. v. 2.

Fernandes, A.P., Ferreira, M.C., Oliveira, C.A.L. 2010. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia** 54(1):130-135.

Ferreira, M.C. 2003. Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros. 64 f. **Tese de Doutorado**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

FNP Consultoria & Comércio. 2020. Citros. In: \_\_\_\_\_. **Agrianual 2020: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Informa Economics FNP. p. 209-264.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2020a. **Safra de laranja 2019/20 em SP e MG se encerra em 386,79 milhões de caixas**. Araraquara: Fundecitrus. Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/safra-de-laranja-201920-em-sp-e-mg-se-encerra-em-38679-milhoes-de-caixas/910>>. Acesso em: 10 maio 2020.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2020b. **Inventário de árvores do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: retrato dos pomares em março de 2020**. Fundecitrus: Araraquara. 105 p.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2020c. **ProteCitrus: produtos para proteção da citricultura**. Araraquara: Fundecitrus. Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/protecitrus>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2021. **Apesar do alto volume de chuva em dezembro, safra de laranja segue 30% menor em relação à temporada anterior / Orange crop forecast update**. Araraquara: Fundecitrus. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/apesar-do-alto-volume-de-chuva-em-dezembro-safra-de-laranja-segue-30-menor-em-relacao-a-temporada-anterior--orange-crop-forecast-update/993> . Acesso em: 11 fev. 2021.

Gasparino, C.F. 2013. Tamanho da amostra e custo para monitoramento da infestação do ácaro da leprose em pomares de laranja. 36 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.

Gravena, S. 2005. **Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal: Gravena Ltda. 372 p.

Knight, A.L., Beers, E.H., Hoyt, S.C., Riedl, H. 1990. Acaricide bioassay with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discrimination concentrations for resistance monitoring. **Journal of Economic Entomology** 83:1752-1760.

Kitajima, E.W., Müller, G.W., Costa, A.S., Yuki, V.A. 1972. Short rod like particles associated with citrus leprosis. **Virology** 50:254-258.

Laranjeira, F.F., Silva, S.X.B., Andrade, E.C., Almeida, D.O., Silva, T.S.M., Soares, A.C.F., Freitas-Astúa, J. 2015. Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. **Experimental Applied Acarology** 66:491-508.

Matuo, T. 1988. Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros. 167 f. **Tese de Livre Docência**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Matuo, T., Baba, K.J. 1981. Retenção de líquido pelas folhas de citros em pulverização a alto volume. **Científica** 9(1):97-104.

Monaco Neto, L.C., Neves, E.M., Neves, M.F. 2019. Citros e defensivos agrícolas: demanda e dispêndio relativos no período 2012 a 2016. **Relatório de pesquisa**, ESALQ/USP, Piracicaba, 11 p.

Minguela, J.V., Cunha, J.P.A.R. 2010. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil. 588 p.

Neves, M.F., Trombin, V.G., Milan, P., Lopes, F.F., Cressoni, F., Kalaki, R. 2010. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat. 138 p.

Neves, M.F., Trombin, V.G. 2017. **Anuário da citricultura 2017**. Ribeirão Preto: Markestrat. 60 p.

Oliveira, C.A.L. 1986. Flutuação populacional e medidas de controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Laranja** 7:1-31.

Oliveira C.A.L., Santos Junior, J.E., Sala, I. 1991. Ácaro da leprose dos citros: resultado de 104 ensaios de campo visando o seu controle 1985-1990. **Boletim Técnico**. Jaboticabal: Funep. 56 p.

Oliveira, C.A.L., Campos Neto, R., Fernandes, C.B. 1998. Efeito de diferentes volumes de calda no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 27:117-131.

Oliveira, C.A.L., Matuo, T., Campos Neto, R.R., Santos Junior, J.E., Fernandes, C.B., Toledo, M.C. 2001. Efeito de espalhantes adesivos e volume de calda na eficiência de acaricidas no controle do ácaro da leprose em citros. **Laranja** 22:73-91.

Ramos, H.H., Yanai, K., Corrêa, I.M., Bassanezi, R.B., Garcia, L.C. 2004. Efeito de condições operacionais de turbopulverizadores no controle de ácaros da leprose em citros. **XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. São Pedro, SP. CD-ROM.

Ramos, H.H., Yanai, K., Corrêa, I.M., Bassanezi, R.B., Garcia, L.C. 2007. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola** 27:56-65.

Rossetti, V.V. 2001. **Manual ilustrado de doenças dos citros**. Piracicaba: FEALQ. 219 p.

Raetano, C.G. 1996. Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

Scapin, M.S. 2014. Adequação de volume de calda e dose de bactericida cúprico para o controle de cancro cítrico. 32 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.

Scapin, M.S., Ramos, H.H. 2017. **Manual de tecnologia de aplicação em citros**. Araraquara: Fundecitrus. 27 p.

Sichieri, C.E. 2018. Volumes de calda acaricida para o controle do ácaro da leprose dos citros (*Brevipalpus yothersi*) utilizando turbopulverizador convencional e eletrostático. 38 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.

Siqueira, D.L., Salomão, C.C. 2017. **Citros: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV. 278 p.

Setzer, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão 420 Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61p.

Tachibana, A. 2004. Desenvolvimento e avaliação de sistemas de aplicação de defensivos para a citricultura. 112 F. **Tese de Doutorado**. Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Trindade, M.L.B., Chiavegato, L.G. 1994. Caracterização biológica dos ácaros, *Brevipalpus obovatus* Donnadieu, 1875, *B. californicus* (Banks, 1904) e *B. phoenicis* (Geijskes, 1939). (Acari Tenuipalpidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 23:189-195.

Yamamoto, P.T., Parra, J.R.P. 2005. Manejo integrado de pragas dos citros. In: Mattos Junior, D., De Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC. p. 730-768.