

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

4
5
6
7
8
9
10 **NARIMÃ FREITAS**

11
12
13
14
15 **Aplicação de bifentrina para o controle de *Diaphorina citri***
16 **Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) por helicóptero em diferentes**
17 **volumes de calda**

18
19
20
21
22 Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da
23 Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do
24 título de Mestra em Fitossanidade dos Citros

25
26
27
28
29 Orientador: Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe

30
31 Coorientador: Me. Marcelo da Silva Scapin

32
33
34
35
36
37 **Araraquara**
38 **Março 2021**

NARIMÃ FREITAS

39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76

**Aplicação de bifentrina para o controle de *Diaphorina citri*
Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) por helicóptero em diferentes
volumes de calda**

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

Orientador: Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe

Coorientador: Me. Marcelo Silva Scapin

**Araraquara
Março 2021**

NARIMÃ FREITAS

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

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

90

91

92

93

94

Araraquara, 11 de março de 2021.

95

96

97

98

BANCA EXAMINADORA

99

100

101

102

103

Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe (Orientador)

104

Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP

105

106

107

108

109

Dr. Danilo Franco

110

Farm Assistência Técnica S/S Ltda., Bebedouro/SP

111

112

113

114

115

Dra. Michele do Carmo de Sousa Timossi

116

Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP

117

118

AGRADECIMENTOS

119

120

121 Antes de tudo, agradeço à minha mãe Vera Rita de Freitas e minha vó Maria Conceição Zorzi de Freitas
122 (*in memoriam*) pelo amor e suporte fornecido em todos os momentos da minha vida, sendo meus
123 exemplos de força e superação.

124 A meu noivo e melhor amigo Danilo Theodorus Eltink pelo carinho e paciência durante essa jornada.

125 À empresa Louis Dreyfus Company por proporcionar essa grande experiência profissional. Em especial,
126 ao meu gestor Ricardo Aparecido Lourenço Benedetti por toda a confiança e apoio. Também ao André
127 Souza e Claudinei Antônio Lozano Ferretti pela oportunidade e credibilidade para a realização desse
128 trabalho.

129 À Fazenda Suindara, principalmente aos senhores Stephen Bromfield Geld (*in memoriam*), Eva Patricia
130 Bronnum Scavenius Geld e Louis Fergus Bromfield Geld pela confiança, por serem meus exemplos de
131 profissionalismo e respeito. Ao Sr. José Francisco Wincler pela paixão pela citricultura que cativa a
132 todos.

133 Ao Fundecitrus por ter sido minha base de conhecimento na citricultura, principalmente ao diretor
134 Antonio Juliano Ayres e Dr. Renato Beozzo Bassanezi pela oportunidade de terem me incluído como
135 aluna especial na VI turma de mestrado.

136 Ao meu orientador Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe e coorientador Me. Marcelo Silva Scapin, pela
137 paciência e pela excelente orientação com sugestões claras e objetivas que foram essenciais para a
138 conclusão desse trabalho. Também agradeço meu primeiro orientador nessa jornada Dr. Geraldo José
139 Silva Júnior.

140 À Dra. Michele do Carmo Sousa Timossi e ao Dr. Danilo Franco por colaborarem com o trabalho e
141 participarem da minha banca da defesa.

142 Ao Dr. Arthur Tomaseto e Dr. Wellington Ivo Eduardo pelas correções e melhorias em minha
143 dissertação por meio da participação da banca de qualificação.

144 Ao Dr. Nelson Arno Wulff e Dr. Silvio Aparecido Lopes pelas correções e sugestões no
145 desenvolvimento da dissertação.

146 Ao Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos do Fundecitrus, em especial ao
147 Renato de Freitas e Rômulo Igor de Carvalho.

148 Ao Mateus Alberto Pipoli pela grande ajuda na realização do experimento e ao Geverson Aelton
149 Resende Silva pelo auxílio fundamental na estatística e redação.

150 À Andrieli Cristina Botácio pela atenção e imensa ajuda que deu em todo o período do mestrado e
151 durante as correções da dissertação.

152 À empresa FMC por ter patrocinado o experimento, em especial ao Leonardo Finardi de Carli.

153 A todos os profissionais e professores do Mastercitrus, por compartilharem seus conhecimentos e
154 lecionarem com excelência.

155 A toda da turma do Mastercitrus Ciclo VI e Ciclo VII, pela amizade e troca de experiências.

156

157 **Aplicação de bifentrina para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama**
158 **(Hemiptera: Liviidae) por helicóptero em diferentes volumes de calda**

159
160 **Autor:** Narimã Freitas

161 **Orientador:** Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe

162 **Coorientador:** Me. Marcelo da Silva Scapin

163
164 **Resumo**

165
166 O Huanglongbing (HLB) é considerado a doença mais destrutiva da cultura de citros do mundo,
167 sendo disseminada pelo psílídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Quando
168 ocorrem os picos populacionais do psílídeo, torna-se necessário intensificar as pulverizações de
169 inseticidas para o seu controle, evitando a disseminação do HLB. A aplicação aérea é uma
170 importante ferramenta para intensificar a frequência de pulverizações e os aviões agrícolas são
171 os equipamentos mais utilizados. Em áreas que não possuem pista de pouso e decolagem e que
172 possuem restrições de aplicação (obstáculos, terrenos irregulares, matas e lagos), o helicóptero
173 apresenta maior facilidade de aplicação nessas situações, podendo suprimir a demanda diante
174 desse contexto. Frente ao exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade de aplicação
175 de inseticida por helicóptero em função do volume de calda para o controle de *D. citri*. A
176 aplicação do inseticida/acaricida bifentrina (0,2 L.ha⁻¹) foi realizada em um pomar comercial
177 de laranjeira e os tratamentos utilizados foram pulverizados por meio de helicóptero nos
178 volumes de 5, 10 e 15 L.ha⁻¹, avião com 10 L.ha⁻¹ e controle (sem aplicação). Cada tratamento
179 foi composto por quatro parcelas experimentais e em cada parcela duas plantas receberam um
180 seedling de laranjeira em cada lado, totalizando 16 repetições/tratamento. Após as
181 pulverizações e total secagem da calda, os seedlings foram retirados das plantas, confinados 10
182 psílídeos/seedling e colocados em condições de laboratório. A mortalidade dos insetos foi
183 avaliada a cada cinco dias, e após esse período, um novo confinamento era realizado até a
184 mortalidade dos insetos ser inferior a 30% para todos os tratamentos. Para avaliação da
185 cobertura de calda e qualidade da aplicação, papéis hidrossensíveis foram fixados em cada
186 seedling de laranjeira e posteriormente analisado pelo software ImageJ. Para a análise da
187 redução dos custos entre os diferentes volumes de calda por helicóptero, foi utilizado uma
188 fazenda modelo, em que foi calculado os fatores de rendimento da aplicação com base no maior
189 volume de calda avaliado (15 L.ha⁻¹) em relação aos menores (5 L.ha⁻¹ e 10 L.ha⁻¹). Todos os
190 volumes de calda testados por meio de helicóptero causaram mortalidade superior ou similar
191 ao avião, e superior ao controle com um dia após aplicação (efeito de choque). No entanto, ao
192 longo das avaliações e dos confinamentos, o tratamento por meio de helicóptero a 5 L.ha⁻¹ foi
193 o que apresentou maior eficácia (75%). Na média dos parâmetros de rendimento e consumo,
194 houve uma redução de 25% e 47% para os tratamentos que utilizaram helicóptero a 10 e 5 L.ha⁻¹
195 respectivamente, quando comparados a 15 L.ha⁻¹. Portanto, conclui-se que para as condições
196 do experimento, que todos os volumes aplicados por meio de helicóptero são eficazes no
197 controle de *D. citri*, sendo que o volume de calda de 5 L.ha⁻¹ apresentou maior controle,
198 indicando que o helicóptero pode ser uma ferramenta útil para o controle do psílídeo.

199
200 **Palavras-chave:** Tecnologia de aplicação, aplicação aérea, psílídeo-asiático-dos-citros,
201 volume de calda, controle químico.

202 ***Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) control through**
203 **helicopter aerial spraying of different volume coverages of bifenthrin**

204
205 **Author:** Narimã Freitas

206 **Advisor:** Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe

207 **Co-advisor:** Me. Marcelo da Silva Scapin

208
209 **Abstract**

210
211 Spread by the Asian citrus psyllid (ACP) *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae),
212 Huanglongbing (HLB) is considered one of the world's most devastating diseases of the citrus
213 groves. During peaks of the psyllid population, it is necessary to intensify insecticide spraying
214 in order to control ACP and to avoid the primary infection of HLB. By the use of aircrafts as
215 the main mean, aerial spraying is one of the most important tools for containing the disease
216 progress. However, several limitations to this process are to be pointed out, such as the need of
217 large runaway areas and having to deal with uneven terrain, natural obstacles, forests and lakes.
218 Having this in mind, farmers may make use of helicopters to meet their demands instead of
219 aircrafts – since their greater maneuverability does not require large areas for landing, for
220 instance. Considering the aforementioned aspects, the aim of this study was to evaluate the
221 volume and the quality of insecticide spraying by helicopter to control ACP. The
222 insecticide/acaricide bifenthrin spraying ($0.2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) was conducted in a commercial orange
223 orchard and the used treatments were helicopter applications at 5, 10 and $15 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, aircraft at
224 $10 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ and control (without spraying). Each treatment consisted of four plots, and in each
225 plot two plants were chosen and an orange seedling was attached to each side of the plant, 16
226 replicates/treatment in total. After the spraying and drying processes, the seedlings were
227 detached from the plants and 10 psyllids/seedling were confined at laboratory-climate
228 conditions. The mortality rate of insects was evaluated in each five days, and, after this period,
229 another confinement process was performed aiming at a mortality rate below 30% in all
230 treatments. In addition, water-sensitive paper was attached to each seedling and, then, analyzed
231 by using the software ImageJ in order to assess spraying coverage and the application
232 efficiency. In order to analyze cost reduction among the different spraying volumes in each
233 helicopter, the application performance factors were calculated based on the largest spray
234 volume evaluated ($15 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) in relation to minors ($5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ and $10 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) taking into account
235 the pre-selected farm. All these spraying volumes coverage tested by the use of helicopters
236 resulted in higher or similar mortality rates to the ones performed by aircrafts and, also, higher
237 in controlling done a day before the application (shock effect). However, during the evaluation
238 and feedlots processes, helicopter treatment at $5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ was the one with the greatest
239 effectiveness (75%). There was a reduction of 25% and 47%, respectively, for the treatments
240 that used helicopter at 10 and $5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, when compared to $15 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ in the average of parameters
241 of income and consumption. Therefore, it was concluded that all the volumes with the
242 application by helicopter are effective in the control of *D. citri*, and the volume of $5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$
243 presented greater control, indicating that the helicopter can be a useful tool for the control of
244 ACP in experimental conditions.

245
246
247 **Keywords:** Spraying application technology, aerial spraying, Asian citrus psyllid, spray
248 volume, chemical control.

249
250
251

SUMÁRIO

252		
253		
254		
255	1. INTRODUÇÃO	1
256	2. MATERIAL E MÉTODOS	9
257	2.1 Persistência biológica, cobertura foliar e análise técnica das aplicações	9
258	2.1.1 Descrição da área experimental	9
259	2.1.2 Descrição dos tratamentos e pulverizações	9
260	2.1.3 Avaliação da persistência biológica de bifentrina aplicado por helicóptero e avião sobre	
261	adultos de <i>Diaphorina citri</i>	11
262	2.1.4 Análise de cobertura foliar	13
263	2.1.5 Delineamento experimental e análise dos dados	14
264	2.1.6 Análise técnica, qualitativa e quantitativa das aplicações	15
265	2.2 Análise de redução de custos dos tratamentos.....	15
266	3. RESULTADOS	18
267	3.1. Avaliação da persistência biológica do inseticida/acaricida bifentrina aplicado por meio	
268	de helicóptero e avião sobre adultos de <i>Diaphorina citri</i>	18
269	3.2 Análise de cobertura foliar	22
270	3.3 Análise técnica, qualitativa e quantitativa das aplicações	24
271	3.4 Análise de redução de custos dos tratamentos.....	25
272	4. DISCUSSÃO	28
273	5. CONCLUSÃO	32
274	REFERÊNCIAS	33
275		
276		
277		
278		
279		

1. INTRODUÇÃO

O suco de laranja é uma das mais importantes commodities do Brasil, ao lado de soja, milho, arroz, algodão, café, fumo, celulose, leite e carne, gerando 2,5 bilhões de dólares ao Brasil com exportações (Neves, 2016). O cinturão citrícola brasileiro totaliza uma área aproximada de 408 mil hectares (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020a), representando 34% da produção de laranja do mundo. No agronegócio brasileiro, o setor citrícola destaca-se por gerar um produto interno bruto (PIB) de 6,5 bilhões de dólares em todos os elos de sua cadeia produtiva e empregar direta e indiretamente 230 mil pessoas (Neves et al., 2015). Esses dados torna o Brasil o maior exportador de suco de laranja, responsável por 85% das exportações globais deste produto, além disso, atende a um pequeno, porém crescente mercado interno (Neves & Trombin, 2017).

O parque citrícola nacional possui alta capacidade de produção, bem como eficiência nos processos, porém, o cultivo dos citros tem enfrentado diversos problemas fitossanitários. Dentre as diversas pragas e doenças que acometem a cultura, o Huanglobleing (HLB), conhecido também como greening, é considerado a doença mais devastadora e a maior ameaça à produção de citros. Devido ao alto potencial de disseminação do HLB, gera grandes perdas na produção de frutas e altos custos envolvidos no manejo desta doença, agravado por não termos variedades de citros resistentes a doença (Bové, 2006; Lopes & Frare, 2008; Bassanezi et al., 2020; Graham et al., 2020; Zhou, 2020).

O HLB está associado a um complexo de proteobactérias gram-negativas restritas ao floema: *Candidatus Liberibacter asiaticus*, que ocorre na Ásia, América Central, Estados Unidos da América e América do Sul – incluindo o Brasil, *Candidatus Liberibacter africanus*, está restrita ao continente africano, e *Candidatus Liberibacter americanus*, está presente apenas no Brasil, porém com baixa incidência (Teixeira et al., 2005a; Bové, 2006; Davis et al., 2008). Essas bactérias podem ser transmitidas pelo psílideo-asiático-dos-citros *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), inseto vetor de *Ca. L. asiaticus* (Capoor et al., 1967; Chen et al., 1973) e *Ca. L. africanus* (Yamamoto et al., 2006) e por *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae), inseto vetor de *Ca. L. africanus* (McClellan & Oberholzer, 1965).

A ocorrência de *D. citri* é reportada no Brasil desde a década de 1940 (Lima, 1942). Enquanto o primeiro relato de HLB no Brasil foi em julho de 2004 no município de Araraquara, São Paulo (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005b). Até o primeiro relato do HLB, *D. citri* era considerada uma praga secundária para a citricultura e seu controle era realizado apenas

313 sob altas infestações. Atualmente este inseto é uma das principais pragas da citricultura, e está
314 presente nos pomares durante o ano todo, com pico populacional nos períodos quentes e úmidos
315 e durante os fluxos vegetativos das plantas de citros e murta, *Murraya paniculata* (L.) Jack
316 (Rutaceae) (Yamamoto et al., 2001), o que proporciona condições adequadas para reprodução
317 desse inseto vetor, que ocorre preferencialmente em brotos (Cifuentes-Arenas et al., 2018).

318 O primeiro levantamento oficial da incidência da doença no Brasil foi realizado no ano
319 de 2008 e mostrou que 0,61% das árvores estavam infectadas. Esse número foi aumentando ao
320 longo dos anos, e em 2015 atingiu 17,89% (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020b). Entre
321 2015 e 2020, a curva de progressão do HLB foi se estabilizando devido ao aprendizado do setor
322 em relação ao manejo do inseto vetor, tais como: monitoramento da presença do inseto,
323 inspeção e erradicação de plantas doentes, pulverizações frequentes na propriedade, ações
324 externas de pulverização e erradicação de plantas, manejo regional, entre outros (Bassanezi et
325 al., 2020). De acordo com o levantamento realizado em 2020, a doença está presente em 20,87%
326 das laranjeiras do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste de Minas Gerais, sendo
327 o setor Sul com 42,81% de árvores sintomáticas, seguido pela região Centro 29,76%, Sudoeste
328 12,06%, Norte 7,23% e Noroeste 2,20% (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020b).

329 Outro fator que dificulta o controle do HLB é o tempo que decorre entre a inoculação
330 da bactéria, e a manifestação dos primeiros sintomas foliares. Como reportado na literatura, a
331 manifestação dos sintomas depende do modo de inoculação do patógeno – ao redor de quatro
332 meses quando a inoculação é feita por enxertia de ramos doentes (Lopes & Frare, 2008) e cinco
333 meses quando a inoculação é feita por psilídeos infectivos (Canale et al., 2019). Este longo e
334 variável período de incubação dificulta a detecção de plantas doentes no campo e a adoção das
335 práticas eficazes de manejo (Lopes & Frare, 2008).

336 A disseminação do HLB nos pomares brasileiros e outros países está associada a dois
337 mecanismos espaciais de dispersão do psilídeo, a curtas e longas distâncias. A dispersão a curtas
338 distâncias, em um raio de aproximadamente 50 metros, ocorre infecções secundárias da doença,
339 ou seja, dentro do mesmo talhão e entre plantas próximas. Já a longas distâncias (até 3,5 km da
340 fonte de inóculo) ocorrem infecções primárias do HLB, ou seja, transmissão da doença por
341 psilídeos infectivos oriundos de fontes externas à propriedade (Bassanezi et al., 2020).

342 Para produtores de citros que adotam medidas de erradicação de plantas doentes, a
343 infecção primária é a mais preocupante, haja visto que, as propriedades comerciais que adotam
344 o manejo do HLB corretamente realizam o controle do inseto vetor em intervalos máximos de
345 15 dias, período este inferior ao ciclo ovo-adulto de *D. citri*. Esse manejo impede que gerações
346 sucessivas do inseto ocorram no interior da propriedade, reduzindo a infecção secundária

347 (Bassanezi et al., 2013). Tomaseto (2015) verificou que a presença de brotações nas plantas
348 cítricas resulta em menor dispersão de *D. citri*, devido ao fato de ser o local adequado para
349 alimentação e oviposição, contudo, na ausência de brotações, o inseto tende a se dispersar por
350 distâncias até três vezes maiores.

351 Uma característica importante em relação ao comportamento de dispersão do psílídeo é
352 a maior concentração do inseto nas plantas da periferia dos pomares e talhões, que se reduz
353 gradativamente à medida que se avança para o interior dos talhões (Asato, 2018). Boina et al.
354 (2009) quantificou a dispersão de *D. citri* por meio da técnica de imunomarcadores, e
355 observaram que do total de insetos migrantes capturados em armadilhas adesivas amarelas, 60
356 a 66% foram capturados nas plantas localizadas na primeira linha de plantio presente na borda
357 de talhões vizinhos, 19 a 24% a 40 m da borda e 10 a 21% a 90 m da borda. Estes gradientes
358 na população de psílídeo e na infestação de brotos, demonstram resultados semelhantes ao
359 estudo de Sétamou & Bartels (2015), que encontraram maiores níveis de infestação em brotos
360 e densidades populacionais do inseto nas plantas da periferia dos talhões, seguidas pelas plantas
361 adjacentes a cerca de 7 m de distância, reduzindo em 50% nas plantas no interior do talhão, a
362 cerca de 40 m da periferia. Esses resultados corroboram ao levantamento de greening realizado
363 em 2020, onde verificou-se que 76% das plantas doentes estavam presentes nas bordas do
364 pomar, correspondendo a uma distância de até 100 metros das divisas da propriedade (Fundo
365 de Defesa da Citricultura, 2020b).

366 Como medida de supressão da doença, é recomendado o manejo regional do HLB e de
367 *D. citri* somado às medidas individuais adotadas pelos citricultores. Dentro deste contexto,
368 recomenda-se: intensificar as pulverizações nas bordas dos pomares comerciais, pois é a área
369 com maior incidência de *D. citri*; manter as plantas bem nutridas; eliminar plantas doentes que
370 servem como fonte de inóculo dos pomares; plantar mudas sadias provenientes de viveiros
371 telados e certificados; realizar o planejamento e renovação do plantio em locais com baixa
372 incidência de HLB; fazer parcerias com vizinhos para controle do inseto vetor e pulverizações
373 de inseticidas de forma sincronizada entre propriedades próximas; inspeção visual frequente
374 para detecção das plantas doentes e *D. citri*; monitorar insetos adultos por meio de armadilhas
375 adesivas amarelas; realizar o controle por aplicações via drench com inseticidas sistêmicos e
376 foliares com inseticidas recomendados para a cultura e praga alvo; liberação do ectoparasitoide
377 *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em locais livres de pulverizações,
378 áreas abandonadas e quintais com plantas hospedeiras e a participação dos produtores no
379 manejo regional do HLB (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020b).

380 Estudos visando novas táticas para o manejo de *D. citri* se intensificaram devido aos
381 impactos e perdas ocasionadas pelo HLB no mundo (Grafton Cardwell et al., 2013). Neste
382 sentido, diversas táticas de manejo de *D. citri* vêm sendo estudadas, como o controle físico por
383 meio de mulching refletivo (Croxtton & Stansly, 2013), aplicação de caulim processado nas
384 bordas dos pomares (Miranda et al., 2018), controle biológico com adoção de fungos
385 entomopatogênicos (Padulla, 2007; Pinto et al., 2012; Kumar et al., 2017), utilização de murta
386 como planta-isca (Tomaseto et al., 2019), uso de inseticida botânico a base de *Piper aduncum*
387 (Volpe et al., 2015) e controle biológico em áreas externas com liberações massais de *T. radiata*
388 (Marin, 2019; Diniz et al., 2020). Contudo, mesmo com diversas táticas de manejo conhecidas,
389 o controle químico é a ferramenta mais comum, praticável e eficiente que é adotada pelos
390 citricultores para o combater o inseto vetor e manejo do HLB (Miranda et al., 2011).

391 Dentre as várias etapas que constituem o processo de produção agrícola, a aplicação de
392 defensivos é uma das mais exigentes, pois deve atender não somente ao tratamento da área
393 cultivada, mas também aos cuidados com a preservação do meio ambiente (Christofolletti,
394 1999). Nesse contexto, a tecnologia de aplicação visa aplicar de forma eficiente e econômica,
395 a quantidade correta do ingrediente ativo ao alvo desejado, com o menor impacto possível ao
396 meio ambiente (Matuo, 1990). No entanto, dentro dos preceitos de tecnologia de aplicação, é
397 dada apenas importância ao ingrediente ativo e concentração do produto fitossanitário, sendo
398 negligenciada à correta forma de aplicação dos produtos fitossanitários (Cunha & Ruas, 2006),
399 de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas
400 e não provocando alteração ao meio ambiente (Cunha et al., 2005).

401 Para o controle químico de *D. citri* utiliza-se inseticidas sistêmicos e de contato. Os
402 inseticidas com propriedade sistêmica podem ser aplicados via solo (drench) ou diretamente no
403 tronco nas plantas, até idade de três anos e em períodos de maiores índices pluviométricos.
404 Plantas acima de três anos devem ser tratadas com inseticidas de contato aplicados na parte
405 aérea da planta por meio de pulverizações com o uso de turbo pulverizadores ou aviões
406 (Yamamoto, 2008; Miranda et al., 2011). As pulverizações devem ser realizadas em intervalos
407 de 7 a 14 dias (Miranda et al., 2020), dependendo do ingrediente ativo utilizado e a ocorrência
408 de chuvas após as aplicações. No entanto, a ocorrência de fluxos vegetativos exige novas
409 aplicações, para evitar que novas brotações fiquem desprotegidas (Yamamoto, 2008; Miranda
410 et al., 2011; Grafton Cardwell et al., 2013; De Carli et al., 2018). Nesse sentido, De Carli et al.
411 (2018) avaliaram o efeito de três grupos de inseticidas químicos em brotação com folhas não
412 expandidas de 10 ± 2 cm (estádio preferido para oviposição e alimentação do psíldeo) e em
413 ramos com folhas totalmente expandidas. Eles observaram que em brotos, a eficácia dos

414 inseticidas é menor, devido ao crescimento e expansão das folhas, e conseqüentemente
415 diminuição da concentração dos ingredientes ativos por área foliar, fazendo-se necessário
416 intensificar as pulverizações em períodos de emissão de fluxo vegetativo. No mais, Cifuentes-
417 Arenas et al. (2018) mostram que os estádios vegetativos de V1 a V3 foram os mais adequados
418 para a oviposição, sobrevivência e desenvolvimento de ninfas e emergência de adultos de *D.*
419 *citri*, fazendo-se necessário intensificar as pulverizações em brotações.

420 O gasto anual com inseticidas no setor vem aumentando gradativamente ao longo dos
421 anos. Em 2001, os inseticidas representavam 17% do custo total com agrotóxicos, 22% em 2006
422 e 31% em 2012 (Pagliuca et al., 2012). Já em 2020 o custo de aplicação de inseticidas foi bem
423 elevado, chegando a US\$ 796,76 por hectare, representando 44,85% dos custos (Agriannual,
424 2021). Frente ao exposto, uma alternativa seria buscar novas tecnologias de aplicações que
425 sejam eficazes e proporcionam maior rendimento operacional, diminuindo o custo total desta
426 operação.

427 Em citros, as aplicações terrestres com alto volume de calda tem sido um dos principais
428 fatores que elevam os custos da operação. Assim, a redução no volume de calda sem
429 comprometer a eficácia de controle de pragas, favorece o aumento da capacidade operacional,
430 diminuição das perdas por escorrimento e deriva e redução do consumo de água, tornando a
431 citricultura mais sustentável (Scapin et al., 2015). Nesse contexto, há uma tendência para a
432 redução de volumes de calda para a pulverização de inseticidas visando o controle de *D. citri*
433 (Miranda et al., 2020), pinta preta (Silva Junior et al., 2016) e cancro cítrico (Scapin et al.,
434 2015). A adequação do volume de calda pode proporcionar redução em até 70% do volume,
435 quando comparado ao padrão utilizado pelos citricultores, sem comprometer a eficácia de
436 controle de pragas e doenças dos citros (Scapin et al., 2015; Silva Junior et al., 2016; Miranda
437 et al., 2020) Scardelato (2013) comparou a aplicação de inseticida sem correção de dose nos
438 volumes de calda de 1000, 500, 400 e 300 litros por hectare (L.ha⁻¹) e todos os volumes foram
439 eficientes na cobertura da aplicação e controle do inseto. Lanza (2016) comparou a aplicação
440 terrestre eletrostática em relação a aplicação convencional e constatou que independente do
441 equipamento, o volume de calda de 200 L.ha⁻¹ com correção da dose de inseticida, é eficaz
442 (mortalidade $\geq 80\%$) para o controle de *D. citri* e ambos os equipamentos apresentam cobertura
443 semelhante (aproximadamente 10%). Sperandio (2016) verificou que a aplicação em ultrabaixo
444 volume (UBV) de 40 L.ha⁻¹ e dose corrigida do inseticida dimetoato é eficaz no controle de *D.*
445 *citri*, proporcionando controle superior a 80% dos insetos adultos em avaliação tópica +
446 residual, cinco dias após o confinamento.

447 Para o controle químico do psilídeo, a redução do volume de calda proporciona uma
448 economia de até 58% nos custos de controle desse alvo, não justificando o uso de volume de
449 calda acima de 40 mililitros por metro cúbico (mL.m^{-3}) de copa das plantas cítricas (Miranda
450 et al., 2020). É possível a utilização de volumes mais reduzidos, porém há a necessidade de
451 correção de dose do inseticida na calda de pulverização, podendo utilizar a pulverização
452 convencional ou eletrostática, sem que ocorra perda na eficiência no controle do inseto (Lanza,
453 2016). Volumes de calda mais adequados proporcionam economia de combustível, aumento do
454 rendimento operacional e a diminuição do risco durante a manipulação e aplicação do produto
455 (Matuo, 1990; Miranda et al., 2020).

456 A pulverização aérea (com aviões e helicópteros) vem sendo cada vez mais utilizada
457 pelos produtores. Sua viabilidade é atribuída ao alto rendimento operacional, permitindo adoção
458 em pequenos intervalos de tempo, mesmo em grandes áreas, além de ser possível alcançar
459 resultados satisfatórios com vantagens econômicas, desde que adotados os procedimentos
460 técnicos adequados (Bayer et al., 2011). Além disso, em pulverizações após chuvas intensas
461 e/ou onde há encharcamento do solo, a operacionalidade da pulverização terrestre torna-se
462 bastante crítica ou impraticável, o que não ocorreria para as aeronaves agrícolas, tornando-as
463 vantajosas (Costa, 2017). Esta modalidade de aplicação vem se desenvolvendo e ganhando
464 espaço no Brasil a cada ano, com crescimento de 46,2% nos últimos 10 anos. Em 2019, o Brasil
465 contou com uma frota de 2295 aeronaves, contabilizando 2280 aviões e 15 helicópteros. Estas
466 aeronaves estão organizadas em 267 empresas de aviação agrícola, correspondendo a 63% da
467 frota nacional. O restante das aeronaves pertence a agricultores, cooperativas, governos federal
468 e estadual e Distrito Federal (Araújo, 2020).

469 Considerando efeito de choque das pulverizações sobre pragas, aeronaves agrícolas
470 (aviões e helicópteros) contribuem com o aumento do rendimento operacional para o controle
471 de pragas quando comparada com turbo-pulverizadores, pois é possível o uso de ultrabaixo
472 volume (UBV) para essa finalidade. No caso de citros, as aplicações são realizadas com aviões
473 de pequeno e médio porte, e o uso de helicópteros ainda não é realidade devido à falta de estudos
474 sobre sua eficácia em pragas alvo e o alto custo da tecnologia. Para aviões, volumes de calda
475 de 5 a 50 L.ha^{-1} apresentam rendimentos operacionais de 150 ha e 50 ha.h^{-1} , respectivamente,
476 enquanto que um turbo pulverizador regulado para pulverizar um volume de 500 L.ha^{-1}
477 apresenta um rendimento médio de 25 hectares.dia⁻¹ em uma jornada de 10 horas trabalhadas
478 (Santos, 2005; Santos, 2013).

479 Durante a utilização de aeronaves agrícolas, os cuidados e critérios são mais complexos
480 e diferentes daqueles observados nos equipamentos terrestres, tais como: efeitos aerodinâmicos

481 do voo, faixa de deposição das gotas maior do que a extensão das barras de pulverização,
482 menores volumes por área, maior distanciamento das barras de pulverização e pontas de
483 pulverização em relação ao alvo de deposição, pressões mais baixas e possibilidades do ajuste
484 das gotas para compensação em relação às variações climáticas ocorridas durante as aplicações,
485 sem a necessidade de substituição das pontas de pulverização e alteração do volume de calda
486 por área (Santos, 2005).

487 Para que a aplicação aérea seja recomendada, deve-se obedecer a uma série de fatores
488 como as características operacionais, condições climáticas, distribuição e deposição das gotas,
489 alvo biológico e modo de ação dos defensivos. No entanto, pulverizações com avião agrícola
490 envolvem uma dependência de uma correta infraestrutura no local a ser realizada a atividade,
491 como por exemplo a existência de pista de pouso e decolagem, restrições para lugares onde
492 apresentam obstáculos, redes elétricas e irregularidades na topografia do terreno que
493 impossibilite ou dificulte a pulverização (Corrêa, 1997). Diante dessas limitações, a
494 pulverização aérea com helicóptero pode tornar-se viável, mesmo sendo mais custosa em
495 relação ao avião.

496 O primeiro relato do uso de helicóptero em pulverizações agrícolas foi em 1944 na
497 Inglaterra (Ripper, 1944 *apud* Ripper, 1955) e é utilizada no Brasil há mais de 30 anos, porém
498 somente a partir de 2016 se intensificou a busca por certificação de helicópteros junto a ANAC
499 (Agência Nacional de Aviação Civil, 2016).

500 Nesse contexto, o helicóptero não exige pista de pouso, apresenta alta manobrabilidade,
501 evitando voos em cima de estradas, residências, lagos e matas, evitando implicações sociais e
502 ambientais (Lobo Junior, 2015). Além disso, a pulverização com helicópteros tem como
503 vantagem o efeito “*downwash*”, onde o vento gerado pela rotação das hélices empurra as gotas
504 a partir do momento que saem das pontas de pulverização em direção ao alvo, proporcionando
505 melhor cobertura e reduzindo o risco de deriva (Lopes Junior, 2011).

506 Apesar das vantagens técnicas do uso de helicópteros para pulverização em relação a
507 aviões, poucos estudos foram realizados para verificar sua eficácia a diferentes alvos (Johnstone
508 & Matthews, 1965; Miller & Hutcheson, 1981; Glowacka & Sierpiska, 2012), além disso, a
509 maioria da literatura disponível é pertinente a década de 1970 e 1980, período no qual as
510 tecnologias eram mais simples no que diz respeito a tecnologia de aplicação aérea.

511 Diante do exposto, estudos que relatam o uso de pulverização por meio de helicópteros
512 para o manejo de pragas são escassos e antigos, principalmente para pragas de citros (Brooks,
513 1965). Os trabalhos realizados não levaram em consideração o volume de calda visando a
514 eficácia no controle de pragas e o ganho de rendimento operacional para tornar essa tecnologia

515 acessível, não sendo voltadas para o manejo da principal praga da citricultura, o psíldeo *D.*
516 *citri*. Devido a problemática do HLB no Brasil e no mundo, há uma real necessidade de
517 inovação em tecnologias de aplicação, factíveis para serem implementadas no controle químico
518 de *D. citri* e que possibilitem ação rápida, inclusive em terrenos declivosos e principalmente
519 nas bordas de pomares, onde ocorre a infecção primária do HLB.

520 Por esse motivo, no presente trabalho, objetivou-se avaliar a qualidade da aplicação do
521 inseticida bifentrina para controle de *D. citri*, por meio de aplicação aérea, utilizando o
522 helicóptero, em função de diferentes volumes de calda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Persistência biológica, cobertura foliar e análise técnica das aplicações

2.1.1 Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido de 11 de julho a 01 de agosto de 2018. Para as pulverizações aéreas, utilizou-se um pomar comercial de laranjeira-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] da variedade Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), localizado na fazenda Maria Sophia da empresa Louis Dreyfus Company (LDC), no município de Agudos, no estado de São Paulo. A área experimental foi composta por quatro talhões, denominados pela fazenda por 115, 116, 301 e 302, plantados em setembro de 2008 (idade de 10 anos) no espaçamento 6,5 x 2,6 m, totalizando 591 plantas por hectare e volume médio de copa por planta de 28,8 m³ (Tabela 1).

Tabela 1. Dados da área experimental elegida situada na Fazenda Maria Sophia da empresa Louis Dreyfus Company. Número de plantas por talhão, área (ha), localização e altitude dos talhões escolhidos para o experimento.

Talhão	Bloco	Nº plantas	Área (ha)	Localização geográfica (graus decimais)	Altitude (m)
115	1	9.865	16,4	22,55638889 S, 49,14916667 W	615
116	2	7.257	12,2	22,55916667 S, 49,15222222 W	615
301	3	7.698	13,9	22,55555556 S, 49,15250000 W	614
302	4	7.959	13,7	22,55833333 S, 49,15500000 W	613

2.1.2 Descrição dos tratamentos e pulverizações

Os tratamentos foram compostos pelos volumes de calda de 5, 10 e 15 L.ha⁻¹ do produto comercial Talstar 100 EC (FMC Agricultural Products Ltda., Campinas, SP), princípio ativo bifentrina (100g de ingrediente ativo.L⁻¹), sendo um inseticida/acaricida de contato e ingestão do grupo químico piretroide. Os volumes de calda 5, 10 e 15 L.ha⁻¹ foram pulverizados por meio de helicóptero agrícola e 10 L.ha⁻¹ pulverizados por meio de avião agrícola, e controle sem pulverização, totalizando cinco tratamentos dispostos em quatro parcelas.

551 A pista de pouso para aeronaves agrícolas localiza-se na própria propriedade,
552 localização geográfica (graus decimais) 22.55527778 S, 49.15055556 W e 618 m de altitude,
553 próxima à área experimental.

554 Em cada tratamento foi realizado a regulagem dos equipamentos nas aeronaves para
555 atingir o volume em L.ha⁻¹ definido para o experimento. As características dos equipamentos
556 para a regulagem das aplicações estão descritas na Tabela 2.

557

558 **Tabela 2.** Características dos equipamentos (DPGS e *hopper*) em relação à regulagem e aplicação
559 (pontas, pressão, velocidade, volume de calda) nas aeronaves (helicóptero e avião) em cada
560 tratamento (5, 10 e 15 L.ha⁻¹).

Equipamento	Helicóptero	Helicóptero	Helicóptero	Avião
Volume calda (L.ha⁻¹)	5	10	15	10
Marca da aeronave	Robinson	Robinson	Robinson	Embraer
Modelo da aeronave	R-44	R-44	R-44	Ipanema 202 A
DGPS (GPS diferencial)	Satloc	Satloc	Satloc	Satloc
Modelo	G4	G4	G4	Bantan
Volume do <i>hopper</i> (L)	400	400	400	900
Nº pontas	60	60	60	37
Marca da ponta	Teejet	Teejet	Teejet	Teejet
Modelo da ponta	TX-VK3	TX-VK6	TX-VK08	D4 difusor DC45
Pressão média (psi)	43,4	48,2	61	34,7
Volume médio (L⁻¹.min⁻¹.ponta⁻¹)	0,2	0,41	0,62	1,2
Velocidade média (Km.h⁻¹)	94	98	99	178
Faixa de aplicação (m)	15	15	15	15
Altura em relação à copa (m)	1-2	1-2	1-2	3-4

561

562 O produto utilizado nos experimentos (Talstar 100 EC) foi adotado em função de sua
563 alta eficácia em pulverizações terrestres e aéreas para o controle de *D. citri* (Lemo, 2015), por
564 constar na grade de agrotóxicos recomendados pela lista ProteCitrus (Fundo de Defesa da
565 Citricultura, 2020c) e possuir o registro para aplicação aérea pelo Ministério da Agricultura
566 Pecuária e Abastecimento (MAPA). O inseticida/acaricida foi aplicado na dose de 0,2 L do
567 produto comercial (p.c.) por hectare, diluído em água, variando a concentração no *hopper* de
568 acordo com o volume de calda por hectare adotado para cada um dos tratamentos (Tabela 3).

569

570

571

572

573

574

575 **Tabela 3.** Volumes de calda, diluição, dose do inseticida/acaricida bifentrina e concentração final do
 576 produto na calda utilizados para os tratamentos.

Tratamentos	Volumes (L.ha ⁻¹)	Volume de calda preparado (L)	Volume de produto comercial adicionado no tanque (L)	Dose do produto comercial (L.ha ⁻¹)	Concentração do produto na calda (L p.c.L ⁻¹)
Helicóptero	5	100	4	0,2	0,04
Helicóptero	10	200	4	0,2	0,02
Helicóptero	15	300	4	0,2	0,013
Avião	10	150	3	0,2	0,02
Controle	-	-	-	-	-

(-) não foram realizadas aplicações de bifentrina.

577

578

579 **2.1.3 Avaliação da persistência biológica de bifentrina aplicado por helicóptero e**
 580 **avião sobre adultos de *Diaphorina citri***

581

582 Para avaliação da persistência biológica da bifentrina aplicada em diferentes volumes
 583 de calda por hectare, cada um dos quatro talhões (parcelas experimentais) foi dividido em
 584 quatro faixas de aproximadamente 80 metros de largura e em cada faixa foi pulverizado um
 585 tratamento (5, 10 e 15 L.ha⁻¹ com helicóptero e 10 L.ha⁻¹ com avião).

586 Pelo fato de as aeronaves voarem em linha reta, a área de plantio ser em nível e as linhas
 587 não serem alinhadas uniformemente, fez-se necessário a medição exata das áreas para o
 588 planejamento das aplicações. O plano de voo, com as áreas equivalentes, foi previamente criado
 589 remotamente e exportado para o DPGS de navegação das aeronaves.

590 Anteriormente à aplicação, foram selecionadas duas plantas equidistantes na linha
 591 central de cada parcela. Em cada árvore foram fixados dois seedlings de laranjeira-doce
 592 Valência estágio vegetativo V6 (ramos com folhas tenras de coloração verde clara, folhas do
 593 ponteiro em expansão lateral e folhas da base com cerca de 10 cm) a V7 (ramo com folhas
 594 maduras, com coloração verde escura e totalmente expandidas), com aproximadamente 20 cm
 595 de altura e cultivados em tubetes de 0,12 L, alocados em ambos os lados (direito e esquerdo),
 596 no terço superior da árvore, na parte externa da planta. Cada parcela experimental recebeu
 597 quatro seedlings, totalizando 16 seedlings (repetições) por tratamento (Figura 1).

598



599

600 **Figura 1.** Vista aérea da área experimental com o detalhe da localização dos blocos, das faixas e pontos
 601 selecionados para a coleta de dados. *linha vermelha corresponde a uma rede elétrica de alta
 602 tensão.
 603

604

605 Para o tratamento controle, os seedlings não foram fixados na planta e não receberam
 606 calda inseticida, para evitar que resíduos de produtos fitossanitários presentes no *hopper*
 607 pudessem causar mortalidade dos insetos. No entanto, o controle consistia em insetos oriundos
 608 do mesmo lote dos demais insetos utilizados no experimento e tinha a finalidade de verificar se
 609 a mortalidade dos insetos foi devido ao efeito dos tratamentos testados, eliminando outros
 610 fatores inerentes a mortalidade natural dos insetos.

611

612 A aplicação do inseticida/acaricida ocorreu entre os horários da 7:10 e 14:10 horas, e
 613 durante esse período a temperatura e a umidade relativa (UR) foram monitoradas em intervalos
 614 de 20 min durante o período de aplicação da bifentrina, totalizando 22 medições. A média da
 615 temperatura ambiente foi de 16°C, e a média da UR do ar em 57%. A velocidade média do
 616 vento foi de 6,7 km.h⁻¹, sendo monitorada a cada decolagem das aeronaves antes da aplicação.
 617 Os parâmetros de temperatura e umidade foram medidos com um higrômetro digital com sensor
 618 interno e externo portátil (Impac, modelo TH-08) e a velocidade do vento com um anemômetro
 619 digital portátil (Paraglider Kite Drone Donon, modelo XT2134).

620

621 Após a secagem da calda da pulverização, os seedlings foram removidos das plantas e
 foram acondicionados em uma sala com condições controladas (25 ± 2°C, UR 65 ± 10% e
 fotoperíodo de 14L:10E). Em cada seedling foram confinados 10 adultos de *D. citri* com 15
 dias após emergência (sem separação por sexo) em gaiolas confeccionadas com tecido tipo voil.

622 O número de insetos vivos e mortos foram contabilizados a cada 5 dias de confinamento (DAC).
623 Foram considerados como mortos, os insetos que não apresentavam mobilidade de pernas, asas
624 e antenas. Esses insetos eram retirados da planta e posteriormente um novo confinamento com
625 10 insetos era realizado. Com a finalidade de verificar a persistência biológica do ingrediente
626 ativo bifentrina nos diferentes tratamentos, foram realizados quatro confinamentos com 10
627 insetos, com avaliações após 5 DAC.

628

629

630 **2.1.4 Análise de cobertura foliar**

631

632 Para a avaliação da cobertura foliar da calda de pulverização, foram utilizados papéis
633 hidrossensíveis da marca Teejet (26 x 76 mm), fixados na parte adaxial das folhas de cada
634 seedling (um papel hidrossensível por seedling), utilizados para a avaliação de eficiência
635 biológica (Figura 2). Para determinação da área coberta, os papéis hidrossensíveis foram
636 digitalizados em scanner convencional e as imagens salvas em bitmap (bmp) com resolução de
637 300 pontos por polegada – “dots per inch” (dpi). A quantificação da cobertura foi calculada em
638 função do contraste de cores usando o software ImageJ – Image Processing and Analysis in
639 Java (Bethesda, EUA).

640



641

642

Figura 2. Seedlings fixados nas plantas com papéis hidrossensíveis.

2.1.5 Delineamento experimental e análise dos dados

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados (DBC) e a mortalidade de *D. citri* nos diferentes tratamentos e nas diferentes datas de confinamento foram analisadas por meio de modelos generalizados mistos (GLMM) através da função “glmer” no pacote “lme4” na linguagem computacional R v.3.0.3 (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Os efeitos fixos foram analisados individualmente, sendo eles: tratamento com inseticida e os lados da planta, assim como o efeito da interação de ambos. O efeito do confinamento (1|conf) e as variações de efeito dos tratamentos nos confinamentos (trat|conf) foram considerados como efeitos aleatórios. Como os dados não apresentaram uma distribuição normal dos dados, os modelos foram testados com a distribuição binomial. Assim a variável resposta foi constituída por um vetor de duas colunas, uma com o número de indivíduos mortos (sucesso) e outra com o número de indivíduos vivos (fracasso) (Crawley, 2015). As diferenças de mortalidade nos tratamentos foram posteriormente verificadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando-se a função “glht” no pacote “multcomp”. Diferenças na mortalidade de *D. citri* em cada lado da planta foram comparadas pelo teste de Wilcoxon ao nível de 5% de significância.

660

661

662

663

664

665

666

667

Em cada data de confinamento, os efeitos do tratamento, lado da planta e da interação entre ambos sobre a mortalidade de *D. citri* foram verificados através do uso de modelos lineares generalizados (GLM) como a mesma distribuição citada acima. De modo a ajustar a super dispersão dos modelos (variância residual/graus de liberdade dos resíduos >1), foi utilizada a distribuição “quasibinomial” (Crawley, 2015). Diferenças de mortalidade de *D. citri* nos tratamentos e nos lados da planta foram verificadas respectivamente pelos testes de Tukey e Wilcoxon ao nível de 5% de significância. Em todas as representações dos resultados a mortalidade de *D. citri* foi apresentada como porcentagem de mortalidade.

668

669

670

671

Os dados de porcentagem de cobertura no papel hidrossensível foram normalizados através de transformação logarítmica ($\log(x+0,1)$) e analisados por meio do teste paramétrico ANOVA. Diferenças de cobertura nos lados das plantas dentro de cada tratamento foram feitos pelo teste paramétrico t de Student ao nível de 5% de significância.

672

673

674

675

2.1.6 Análise técnica, qualitativa e quantitativa das aplicações

Para avaliar a qualidade das pulverizações, foi utilizado o programa Ecoar (<https://www.ecoarweb.com.br/>) que consiste em uma ferramenta que mensura parâmetros relacionados a precisão das aplicações aéreas de defensivos, auxiliando na gestão, segurança, economia, rendimento, qualidade e assertividade das aplicações. O programa permite realizar o planejamento da aplicação, por meio de definições sobre as áreas de pulverização, áreas de exclusão (matas, lagos, casas, etc.) e plano de execução. Para isso, exporta-se para o DGPS da aeronave o polígono planejado, possibilitando o planejamento da rota de aplicação mais efetiva. Os parâmetros fornecidos pelo programa são: locais pulverizados e não pulverizados (falhas), locais pulverizados fora do planejado (desperdício de calda, áreas de risco e áreas de exclusão), sobreposição de calda, volume, faixa de aplicação, altura de voo e velocidade de aplicação. Além dos parâmetros supracitados, o programa fornece uma escala de notas de 1 a 5 sobre a qualidade da aplicação em função do que foi planejado e de como foi executado pelo piloto da aeronave, onde 1 é considerada uma pulverização insatisfatória e 5, uma pulverização satisfatória. Além disso, o programa cria um histórico de notas para cada pulverização, gerando a média e comparações entre todas as aplicações realizadas.

Para o experimento, as inserções dos dados do planejamento de voo foram realizadas por tratamento, considerando-se todas as informações prévias das parcelas a serem aplicadas, como a área e faixa de aplicação, volume, velocidade, altura, dose e consumo do produto desejado. Também foram inseridas informações climáticas necessárias para a qualidade de aplicação como intervalos de temperatura (até 30°C), umidade de ar (até 50%) e velocidade do vento (até 12 km.h⁻¹).

Após as aplicações de cada tratamento, os logs das aplicações contendo as informações das aplicações foram extraídos dos DGPSs e analisados por meio do software Ecoar, para a obtenção dos dados de velocidade, faixa de aplicação e volume (mínimo, médio e máximo), área aplicada, área com falha de aplicação, área sobreposta, desperdício de produto e as notas da aplicação.

2.2 Análise de redução de custos dos tratamentos

A partir dos resultados da eficácia de controle de *D. citri*, fez-se uma análise econômica em função do volume aplicado por hectare e equipamento utilizado. Para isso, uma simulação

710 de plano de voo e rendimento operacional da pulverização em função da redução do volume de
 711 calda foi realizada usando como modelo uma fazenda da empresa LDC credenciada no Alerta
 712 Fitossanitário do Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020d).

713 A fazenda é afetada negativamente por constantes incidências de *D. citri* oriundos de
 714 áreas externas, e, em alguns momentos, a frequência de pulverizações adicionais notificadas
 715 por amostragem de *D. citri* usando cartões adesivos amarelos inviabiliza a aplicação terrestre,
 716 devido às limitações de máquinas e mão-de-obra em períodos de alta incidência do inseto vetor.

717 A fazenda selecionada foi a São Pedro do Paraíso (Figura 3), localizada no município
 718 de Itatinga, São Paulo, localização geográfica (graus decimais) 23.14472222 S, 48.66333333
 719 W e altitude de 838 m. A propriedade possui 322,7 hectares (220.074 plantas de laranjeira-doce
 720 das variedades Hamlin, Rubi, Pera Rio e Valência), distribuídas em 35 talhões, e com idade
 721 entre 5 a 11 anos. A fazenda não possui pista de pouso, a topografia é irregular, tornando a
 722 aplicação aérea com avião infactível. Por ser um exemplo, os cálculos foram feitos para a área
 723 total de citros, sem considerar as áreas de exclusão previstas pela legislação e procedimentos
 724 de boas práticas agrícolas para a aplicação aérea como a exclusão de 250 metros de matas e
 725 cursos d'água e 500 metros de habitações isoladas e agrupamentos de animais.

726



727

728 **Figura 3.** Imagem por satélite da fazenda São Pedro do Paraíso.

729

730 A fazenda situa-se a uma distância de 75 km lineares da empresa prestadora de serviços
 731 de aplicação aérea com helicóptero. A empresa prestadora do serviço cobra o traslado da
 732 aeronave (ida e volta da área a ser pulverizada) por km.

733 Para cada tratamento (volumes de calda por hectare) foi calculado o volume total de
734 calda a ser utilizado para cobrir toda a extensão da fazenda, sendo a área da propriedade,
735 velocidade de aplicação, consumo de combustível dos tratamentos ($L.hora^{-1}$) e autonomia de
736 voo para a mesma aeronave como fatores fixos. A área tratada por *hopper*, quantidade de
737 abastecimentos do *hopper*, o tempo necessário para abastecimento do *hopper* e consumo de
738 combustível entre as aeronaves como fatores variáveis em função do volume de calda utilizado
739 e aeronave. Com base no tempo gasto para pouso/decolagem foi possível calcular as reduções
740 por hectare em função de cada volume de calda. ha^{-1} , a redução do rendimento de aplicação foi
741 expressa em porcentagem, embasada nos valores de maior volume ($15 L.ha^{-1}$) de aplicação,
742 haja visto que para os menores volumes os rendimentos gerados pelos fatores variáveis são
743 reduzidos.

744 O rendimento de deslocamento do helicóptero da área onde se esgotou o *hopper* até a
745 unidade de abastecimento não foi considerado, haja visto que a empresa disponibiliza um
746 caminhão com helideck para pouso da aeronave em cima da plataforma. Esse caminhão conta
747 com tanque de água de 4.000 L e mais outro com preparador de calda de 2.000 L e se desloca
748 até o local onde a aeronave deverá aterrissar para abastecimento de calda e combustível. Nesse
749 contexto, o helideck percorrerá o mesmo percurso, independentemente do volume de calda
750 aplicado por hectare, o que não altera o custo dessa operação.

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

3. RESULTADOS

3.1. Avaliação da persistência biológica do inseticida/acaricida bifentrina aplicado por meio de helicóptero e avião sobre adultos de *Diaphorina citri*

As variações dos efeitos dos tratamentos de bifentrina ao longo das diferentes datas de confinamento, tratamento vs confinamento (trat | conf), tiveram efeito significativo na variabilidade de mortalidade de *D. citri* observada neste estudo (Tabela 4). Assim, este foi o fator aleatório escolhido no modelo. Já com relação aos efeitos fixos, a variabilidade dos dados pode ser explicada pelos efeitos do tratamento e do lado de aplicação da planta, porém sem efeito significativo da interação entre ambos (Tabela 4).

Tabela 4. Modelos GLMMs para a mortalidade de *D. citri* (y) em função do tratamento inseticida (trat) e do lado de aplicação na planta (lado) nas diferentes datas de confinamentos (conf).

Efeitos	Modelos	X ²	P
Fixos	y ~ trat * lado + (trat conf)		
	y ~ trat + lado + (trat conf)	7,35	0,12 ^{ns}
	y ~ trat + (trat conf)		
	y ~ trat + lado + (trat conf)	19,04	<0,001 ^{**}
	y ~ lado + (trat conf)		
Aleatório	y ~ trat + lado + (trat conf)	46,58	<0,001 ^{**}
	y ~ trat * lado + (1 conf)		
	y ~ trat * lado + (trat conf)	35,73	0,001 ^{**}

“ns” não significativo e “***” significativo, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey e Wilcoxon.

Em todas as quatro datas de confinamento, a mortalidade de *D. citri* foi significativa em função dos tratamentos utilizados (Tabela 5). Já o lado de aplicação da planta teve efeito significativo sobre a mortalidade de *D. citri* apenas na segunda (6-10 DAA) e terceira (11-15 DAA) datas de confinamento (Tabela 5). Não houve efeito significativo da interação entre lado da planta e tratamentos em nenhuma das datas de confinamento (Tabela 5).

796
797
798

Tabela 5. Efeitos do tratamento com bifentrina, lado de confinamento de *D. citri* na planta e interação sobre a mortalidade de adultos de *D. citri* em cada data de confinamento.

DAA	Fonte de variação	F	P
1-5	Tratamento	56,32	<0.001**
	Lado da planta	2,93	0,09 ^{ns}
	Interação	0,30	0,88 ^{ns}
6-10	Tratamento	72,99	<0.001**
	Lado da planta	19,00	<0.001**
	Interação	0,94	0,45 ^{ns}
11-15	Tratamento	52,47	<0.001**
	Lado da planta	25,57	<0.001**
	Interação	2,06	0,10 ^{ns}
16-20	Tratamento	18,78	<0.001**
	Lado da planta	1,95	0,17 ^{ns}
	Interação	1,19	0,32 ^{ns}

799 DAA – Dias Após Aplicação
800 “ns” não significativo e “**” significativo, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey e
801 Wilcoxon.
802

803 A mortalidade dos adultos de *D. citri* nos tratamentos com bifentrina foi superior ao
804 controle em todas as datas de confinamento e para os dois equipamentos de pulverização (avião
805 e helicóptero) (Figura 4). No primeiro período, de 1-5 DAA, as médias de mortalidade de *D.*
806 *citri* nos tratamentos com aplicação por helicóptero a 5, 10 e 15 L.ha⁻¹ foram semelhantes entre
807 si (75,60±4,50; 79,40±4,90; 73,80±3,10, respectivamente) (Figura 4 A). No entanto, apenas nos
808 volumes de calda de 5 e 10 L.ha⁻¹ utilizando helicóptero, foram superiores aos observados para
809 o tratamento que utilizou avião (58,80±4,80) (Figura 4 A). No segundo período de
810 confinamento (6-10 DAA), a mortalidade de *D. citri* foi superior para helicóptero a 5 L.ha⁻¹
811 (78,13±3,79) em relação ao avião. No entanto, a mortalidade dos insetos foi semelhante entre
812 os tratamentos com helicóptero 10 L.ha⁻¹ e 15 L.ha⁻¹ e avião (63,13±5,06; 75,00±3,54;
813 63,13±4,98, respectivamente) (Figura 4 B). No terceiro confinamento, de 11-15 DAA, os
814 valores de mortalidade de *D. citri* para os tratamentos com helicóptero a 5 L.ha⁻¹ e 15 L.ha⁻¹
815 foram superiores (65,63±6,52; 68,13±4,00, respectivamente) aos valores observados para os
816 tratamentos com avião e helicóptero a 10 L.ha⁻¹ (49,38±7,22; 35,63±2,88, respectivamente),
817 (Figura 4 C). Além disso, não houve diferença estatística entre a aplicação por avião e
818 helicóptero a 10 L.ha⁻¹ (Figura 4 C). No último período de confinamento (16-20 DAA), todos
819 os tratamentos com a bifentrina apresentaram valores de mortalidade semelhantes para *D. citri*,
820 sendo superiores somente ao controle (16,04±2,49; 21,14; 2,96; 22,41±2,86; 26,11±3,01,
821 respectivamente para os tratamentos com avião, helicóptero 5, 10 e 15 L.ha⁻¹) (Figura 4 D).

822

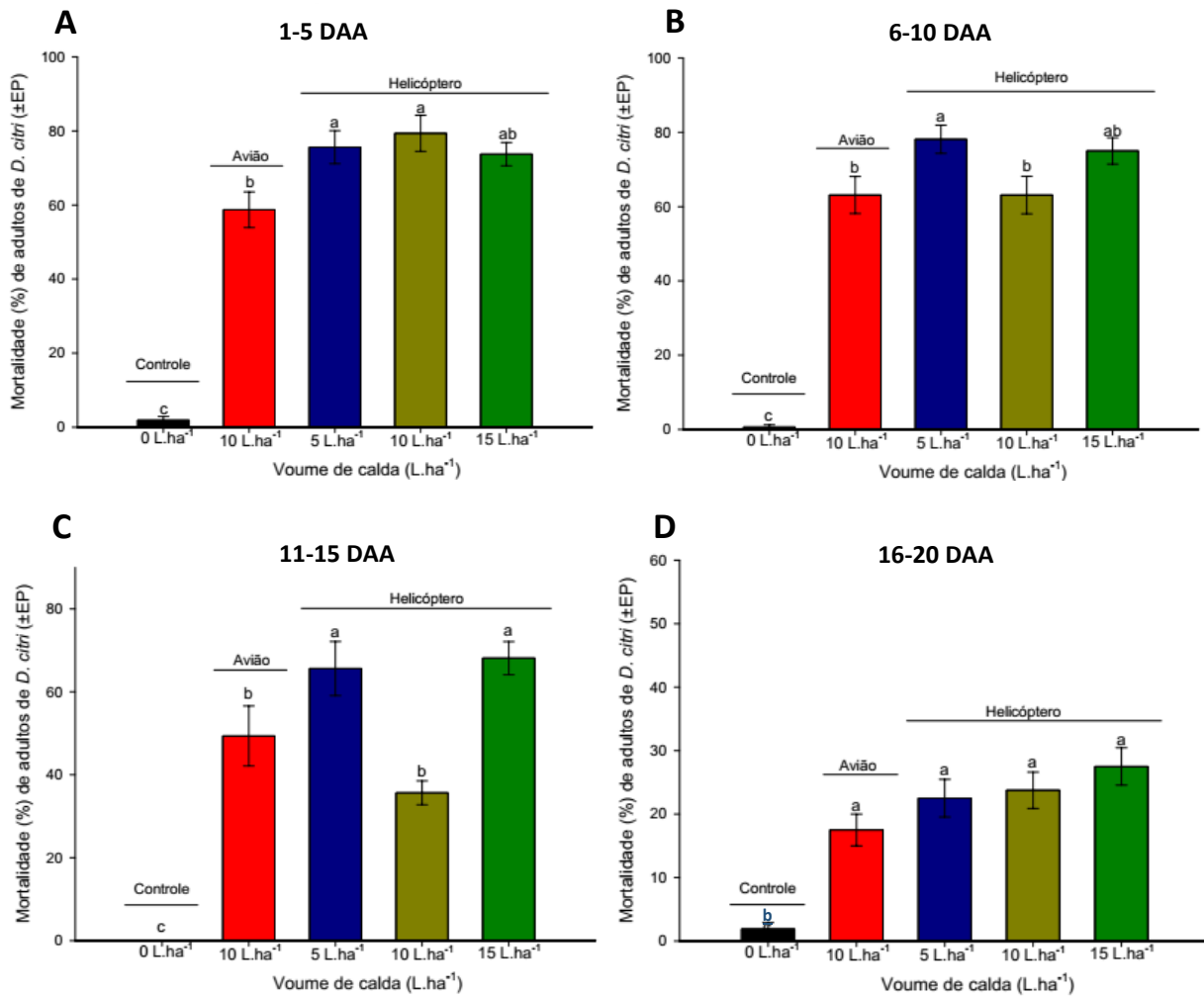
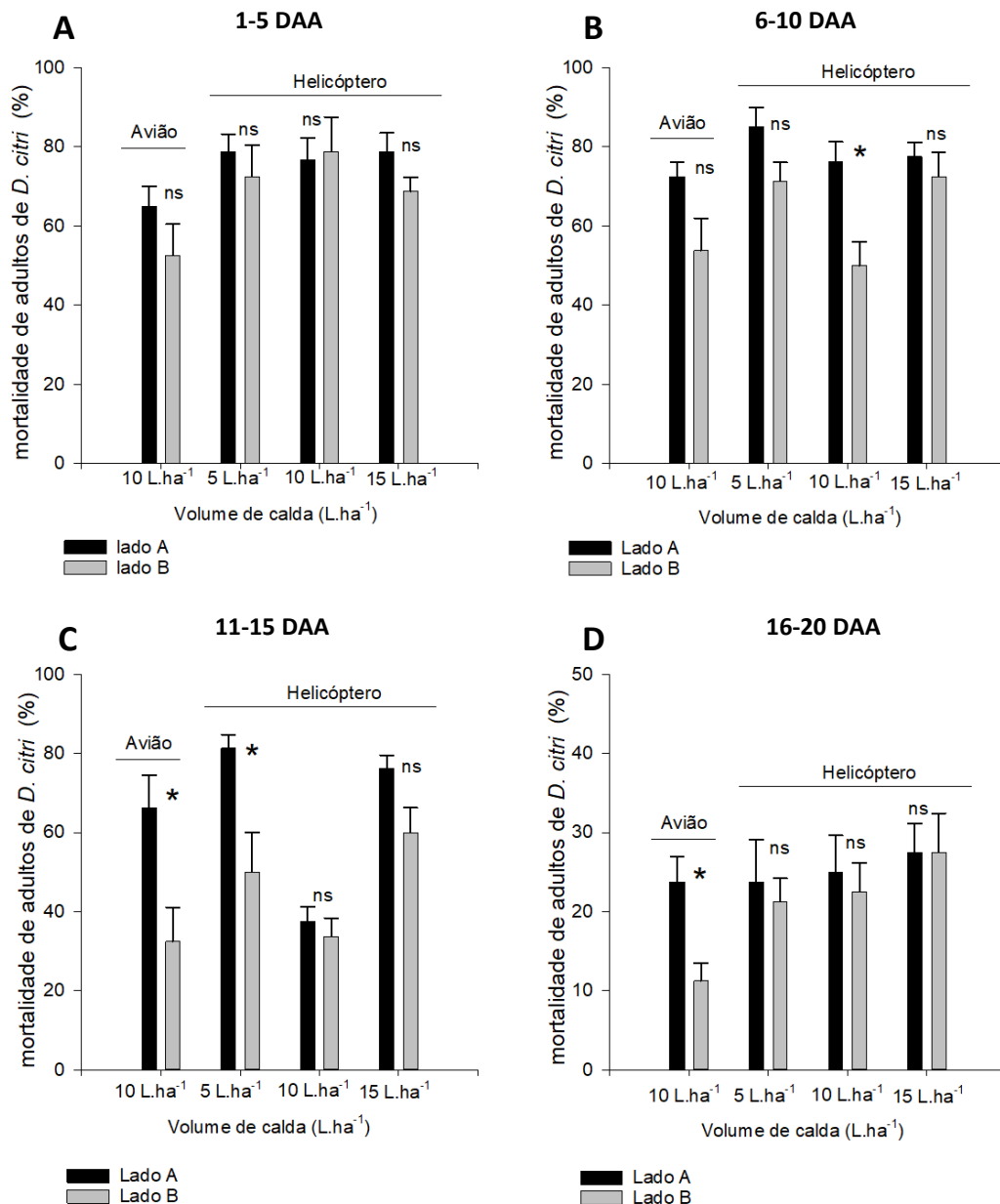


Figura 4. Mortalidade média (\pm EP) de adultos de *D. citri* em cada tratamento (avião ou helicóptero) em diferentes volumes de calda 5, 10 e 15 L.ha⁻¹ e diferentes intervalos de confinamento (1-5 DAA, 6-10 DAA, 11-15 DAA e 16-20 DAA). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A superioridade na mortalidade do inseto vetor nas aplicações por helicóptero em relação ao controle ocorreu durante todos os períodos de confinamento (Figura 4 A-D). No primeiro confinamento destacou-se o volume de 5 L.ha⁻¹ e 10 L.ha⁻¹, no segundo confinamento destacou-se os volumes de 5 L.ha⁻¹, no terceiro 5 e 15 L.ha⁻¹, e no último confinamento (16-20 DAA), todos os tratamentos que utilizaram bifentrina se igualaram, se diferenciando apenas do controle (Figura 4 D), demonstrando que a persistência biológica do produto já estava muito baixa no último confinamento (mortalidade $\leq 30\%$).

Em relação a mortalidade de *D. citri* entre os lados da planta em cada tratamento, houve comportamentos distintos para cada data de confinamento (Figura 5 A-D). No primeiro confinamento (1-5 DAA), a mortalidade média dos insetos foi similar entre os lados da planta para todos os tratamentos, sendo para o lado A: 78,8 \pm 4,41; 80,0 \pm 5,00; 78,8 \pm 4,79; para

842 helicóptero a 5, 10 e 15 L.ha⁻¹, respectivamente, e 65,0±5,00 para avião. Já para o lado B
843 observou-se: 72,5±7,96; 78,8±8,75; 68,8±3,50; para helicóptero a 5, 10 e 15 L.ha⁻¹,
844 respectivamente, e 52,5±7,96 para avião (Figura 5 A). No segundo confinamento (6-10 DAA),
845 a mortalidade de *D. citri* entre os lados da planta foi significativo para o tratamento com
846 helicóptero a 10 L.ha⁻¹, sendo 76,3±4,98 (lado A) e 50,0±5,98 (lado B), e os demais tratamentos
847 com mortalidade para o lado A de 85,0±5,00; 77,5±3,66; para helicóptero a 5 e 15 L.ha⁻¹,
848 respectivamente, e 72,5±3,66 para e avião, e lado B de 71,3±4,79; 72,5±6,20; para helicóptero
849 5 e 15 L.ha⁻¹, respectivamente, e 53,8±8,22 para avião (Figura 5 B). No terceiro confinamento
850 (11-15 DAA) os dados apresentaram diferenças significativas para os tratamentos com avião a
851 10 L.ha⁻¹ (37,5±3,66; 33,8±4,60, lado A e B respectivamente) e helicóptero a 5 L.ha⁻¹
852 (81,3±3,50; 50,0±10,00, lado A e B respectivamente) (Figura 5 C), e os demais tratamentos
853 com 76,3±3,24 e 66,3±8,22, respectivamente para tratamento com helicóptero 15 L.ha⁻¹ e avião
854 para o lado A, e 60,0±6,27; 32,5±8,61, respectivamente para tratamento com helicóptero 15
855 L.ha⁻¹ e avião para o lado B. No último confinamento (16-20 DAA) observou-se diferenças
856 significativas entre os lados da planta para o tratamento no volume de calda 10 L.ha⁻¹ com avião
857 (23,8±3,24 lado A e 11,3±2,27 lado B) e para os demais tratamentos com helicóptero com 5,
858 10 e 15 L.ha⁻¹ (lado A: 23,8±5,32; 25,0±4,63; 27,5±3,66, respectivamente, e lado B: 21,3±2,95;
859 22,5±3,66; 27,5±4,91, respectivamente) (Figura 5 D).



860
 861 **Figura 5.** Mortalidade média (\pm EP) de adultos de *D. citri* de acordo com o lado planta (Lado A e Lado
 862 B) e tratamento com bifentrina nos volume de calda de 5, 10 e 15 L.ha⁻¹, nas quatro diferentes
 863 datas de confinamento. Tratamentos seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pelo
 864 de teste de Wilcoxon ($P < 0,05$).
 865

866 3.2 Análise de cobertura foliar

867
 868
 869 Os resultados mostraram que os tratamentos com bifentrina, o lado da aplicação e a
 870 interação entre ambos, não tiveram efeito significativo sobre a porcentagem de cobertura nos
 871 papéis hidrossensíveis (Tabela 6). Em nenhum dos tratamentos (utilizando avião ou helicóptero,
 872 ou nos diferentes volumes de calda) houve diferenças estatísticas na porcentagem de cobertura
 873 entre os dois lados da planta (lado A e lado B) (Figura 6). A porcentagem de cobertura para os

874 tratamentos com helicóptero a 5, 10 e 15 L.ha⁻¹ para o lado A foi: 0,87±0,17; 0,53±0,20;
 875 0,81±0,19; respectivamente, e para avião foi de 0,49±0,13; já para o lado B foi: 0,53±0,20;
 876 0,49±0,48; 0,90±0,12; para os tratamentos com helicóptero 5, 10 e 15 L.ha⁻¹, respectivamente
 877 e 0,24±0,08 para avião.

878

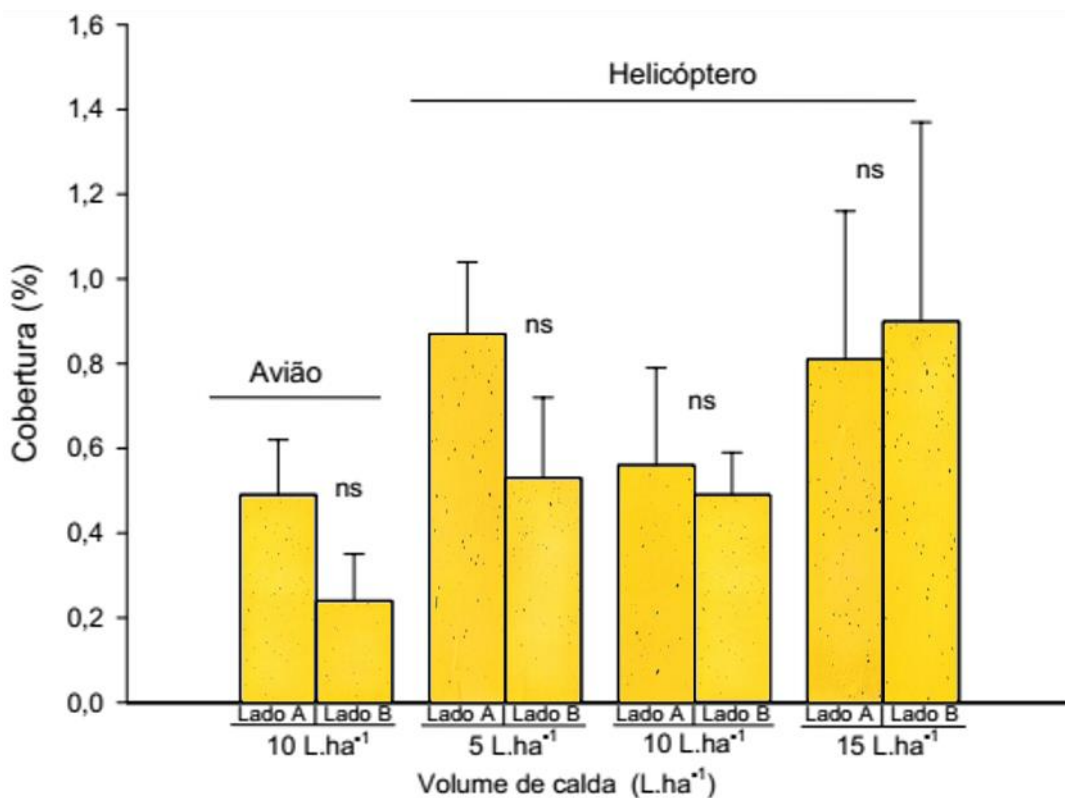
879 **Tabela 6.** Efeitos do tratamento com bifentrina e do lado de aplicação na planta sobre porcentagem de
 880 cobertura da calda inseticida em papel hidrossensível.

Fonte de variação	GL	F	P
Tratamento	3	1,9	0,14 ^{ns}
Lado	1	1,81	0,18 ^{ns}
Interação	3	0,90	0,44 ^{ns}
Resíduo	53		

881 “ns” não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Student ($P<0,05$).

882

883



884

885 **Figura 6.** Porcentagem de cobertura (Média ± Erro padrão) do volume de calda inseticida (bifentrina)
 886 avaliado por meio de papel hidrossensível em função dos lados da planta (lado A, lado B),
 887 nos diferentes volumes de calda e aeronaves utilizadas. Pares de médias seguidos por “ns”
 888 não são significativamente diferentes pelo teste t-Student ($P<0,05$).

889

890

891

892

893

894 **3.3 Análise técnica, qualitativa e quantitativa das aplicações**

895

896 Os dados qualitativos e quantitativos das aplicações que foram obtidos por meio da
897 ferramenta Ecoar estão apresentados na Tabela 7.

898

899 **Tabela 7.** Dados da aplicação realizada em cada tratamento e notas de qualidade reportados pela análise
900 do Ecoar.

Tratamento	Helicóptero 5 L.ha⁻¹	Helicóptero 10 L.ha⁻¹	Helicóptero 15 L.ha⁻¹	Avião 10 L.ha⁻¹
Velocidade média (km.h⁻¹)	94	98	99	178
Faixa de aplicação média (m)	12	14	14	15
Volume médio (L.ha⁻¹)	N/A	N/A	14	N/A
Área planejada (ha)	15,05	14,62	13,92	12,95
Área interna aplicada (ha)	12,95	12,13	12,27	12,17
% área interna aplicada	86,0%	83,0%	88,1%	94,0%
Área interna não aplicada (ha)	2,10	2,48	1,66	0,78
Área sobreposta (ha)	3,33	2,15	1,48	1,30
% sobreposta	12,9%	11,0%	8,6%	8,4%
Aplicação fora da área	9,48	5,25	3,37	2,04
% fora da área	36,8%	26,9%	19,7%	13,1%
Aplicado corretamente	50,3%	62,1%	71,7%	78,4%
Nota da aplicação	3,70	3,90	4,00	4,50
Nota média do mercado	3,80	3,80	3,80	3,80
Comparativo (% que foi melhor que outras aplicações)	26%	33%	39%	73%

901

902 As velocidades médias nos tratamentos com o helicóptero foram em média 97 Km.h⁻¹,
903 45% menor em relação a velocidade do avião, fator intrínseco devido ao diferente tipo de
904 equipamento. No tocante a faixa de aplicação, os valores médios registrados foram 14 m para
905 a aplicação com helicóptero e 15 m para avião (Tabela 7).

906 Foi possível contabilizar as variações de volume (volume médio - L.ha⁻¹) apenas no
907 tratamento com helicóptero a 15 L.ha⁻¹. Isso ocorreu devido ao fato do fluxômetro instalado no
908 helicóptero aferir somente volumes por hectare acima de 10 L.ha⁻¹ (Tabela 7).

909 Os resultados da análise da assertividade da aplicação, mostram os valores e comparação
910 da área planejada de aplicação com a área planejada aplicada, planejada não aplicada, aplicado
911 fora da área e área com sobreposição de aplicação (aplicado mais de uma vez no mesmo local).
912 Com todos esses dados foi calculado a porcentagem da área que foi aplicado corretamente
913 (Tabela 7). Os resultados observados mostraram que o tratamento com maior porcentagem de
914 aplicação correta foi com o avião, seguido do helicóptero a 15 L.ha⁻¹, por serem as aplicações
915 com maior qualidade em todos os quesitos avaliados.

916 Em resumo o avião obteve as maiores notas de avaliação pelo programa Ecoar seguidos
917 pelo helicóptero 15 L.ha⁻¹, 10 L.ha⁻¹ e 5 L.ha⁻¹ (Tabela 7).

918

919

920 **3.4 Análise de redução de custos dos tratamentos**

921

922 O tempo médio para as operações de pouso, abastecimento de calda e decolagem do
923 helicóptero durante as operações é de aproximadamente 10 minutos, sendo justificado pelo fato
924 da calda já ser preparada na quantidade necessária antes do início da atividade, fazendo-se
925 necessário apenas o abastecimento da aeronave a cada esvaziamento do *hopper*. Já o avião gasta
926 cerca de 5 minutos entre pouso, abastecimento de calda e decolagem. A nova calda é preparada
927 no período em que o avião realiza a aplicação e quando pousa para reabastecimento, a calda já
928 está preparada. O abastecimento do combustível é realizado simultaneamente com o
929 abastecimento de calda, portanto o tempo dessa atividade já está associada ao tempo do
930 abastecimento de calda. O consumo de combustível, em litros, de ambos os equipamentos é de
931 100 L por hora, sendo que o helicóptero usa querosene e o avião etanol.

932 Com base na fazenda modelo, com área de 322,7 ha, os dados de volume total de calda;
933 área tratada por *hopper*; quantidade de pousos e decolagens; tempo para pouso, abastecimento
934 e decolagem por parada; tempo de pouso, abastecimento e decolagem total; velocidade de
935 aplicação; tempo de aplicação; tempo gasto total e consumo de combustível de cada tratamento,
936 foram calculados e apresentados na Tabela 8.

937

938 **Tabela 8.** Dados da aplicação utilizando helicóptero em relação ao rendimento da aplicação por volume de calda (5, 10 e 15 L.ha⁻¹).

Equipamento	Helicóptero	Helicóptero	Helicóptero
Volume calda (L/ha)	5	10	15
Volume total de calda (L)	1.613,5	3.227,0	4.840,5
Redução do volume de calda	67%	33%	-
Volume do <i>hopper</i> (L)	200	200	200
Área tratada (ha).<i>hopper</i>⁻¹	40,0	20,0	13,3
Redução da área tratada (ha).<i>hopper</i>⁻¹	67%	33%	-
Nº decolagem e pouso	9	17	25
Redução de decolagem e pouso	64%	32%	-
Tempo de pouso + abastecimento de calda + decolagem por parada (h)	0,2	0,2	0,2
Tempo de pouso + abastecimento de calda + decolagem na aplicação (h)	1,5	2,8	4,2
Redução do tempo de pouso + abastecimento de calda + decolagem na aplicação	64%	32%	-
Velocidade de aplicação (Km.h⁻¹)	94	98	99
Tempo de aplicação (h)	2,3	2,2	2,2
Tempo total (pouso + abastecimento + decolagem + aplicação) (h)	3,8	5,0	6,3
Redução do tempo gasto total	40%	21%	-
Consumo de combustível (L)	378,9	502,9	634,0
Redução do consumo de combustível	40%	21%	-
Quantidade de abastecimento de combustível	4,0	5,0	7,0
Redução da necessidade de abastecimento de combustível	43%	29%	-
Média dos parâmetros de rendimento	47%	25%	-

940 O comparativo da aplicação dos diferentes volumes de calda utilizando o helicóptero,
941 mostrou que com o aumento do volume total de calda, que ocorre proporcionalmente ao
942 aumento do volume aplicado por hectare, resulta em quantidade de área tratada por *hopper* e
943 rendimentos menores. Com base no tratamento com helicóptero a 15 L.ha⁻¹, considerando o
944 tratamento com helicóptero padrão, o volume de calda para cobertura da área total de citros da
945 propriedade reduz em 33 e 67% respectivamente para os tratamentos com helicóptero 10 e 5
946 L.ha⁻¹. A mesma redução foi observada para os parâmetros área tratada por *hopper*, redução de
947 pouso e decolagem e redução do tempo para pouso, abastecimento de calda e decolagem.

948 No tocante ao tempo de aplicação efetiva (tempo aplicação somado ao tempo para
949 pouso, abastecimento de calda e decolagem), houve uma redução de 21% e 40%
950 respectivamente para os tratamentos com helicóptero a 10 e 5 L.ha⁻¹ em relação à aplicação
951 com helicóptero 15 L.ha⁻¹. Foi observada a mesma porcentagem de redução para o consumo e
952 necessidade de abastecimento de combustível. Na média dos parâmetros analisados, observou-
953 se uma redução de 25% e 47% respectivamente para os tratamentos com helicóptero 10 e 5
954 L.ha⁻¹ em relação à aplicação com helicóptero 15 L.ha⁻¹.

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

4. DISCUSSÃO

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

A maioria dos trabalhos conduzidos para avaliar a aplicação aérea de agroquímicos por meio de helicóptero são escassos e antigos. A pulverização aérea por meio de helicóptero foi primeiramente estudada para avaliar a aplicação de herbicida 2,4-D, em um programa de erradicação de videiras selvagens em um local de difícil acesso (Stewart et al., 1952). O resultado da aplicação não foi satisfatório, sendo atribuído a altura e a velocidade do voo (prejudicado em razão da desuniformidade do terreno), baixa concentração de 2,4-D, necessidade de repetir as aplicações, além do dossel da planta interferir negativamente na deposição da calda.

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

Johnstone & Matthews (1965) compararam a aplicação aérea com helicóptero e terrestre na cultura do algodão para o controle de lagartas de *Diparopsis castanea* Hmps. (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Eurius* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), utilizando carbaril (inseticida do grupo dos Carbamatos), com dose corrigida para aplicação aérea (cinco vezes mais quantidade de ingrediente ativo por volume de calda em relação a aplicação terrestre). Os autores observaram que a aplicação aérea resultou em maior deposição de calda na parte adaxial das folhas em relação a parte abaxial, enquanto na aplicação terrestre houve uma deposição mais uniforme e maior em ambas as superfícies da folha, resultando em maior efetividade de controle de *D. castânea* quando comparado ao helicóptero. Porém, para as demais lagartas, o controle foi similar para ambas as aplicações (terrestre e aérea com helicóptero).

992

993

994

995

996

Miller & Hutcheson (1981) avaliaram a efetividade de controle de *Hylemya anthracina* (Diptera: Anthomyiidae) em abeto branco por meio da pulverização de dimetoato (inseticida/acaricida do grupo dos organofosforados) com diferentes tipos de barras de pulverização em helicóptero, e observaram que todas as barras de pulverização foram eficientes para distribuição da calda inseticida visando o controle dessa praga.

997

998

999

1000

1001

1002

Em floresta de carvalho, Glowacka & Sierpinska (2012) avaliaram a aplicação terrestre com turbo pulverizador e por meio de helicóptero de acetamiprido 0,4 kg.ha⁻¹ (inseticida do grupo dos neonicotinoides) para o controle de *Melolontha* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae). Os autores verificaram que ambas as modalidades de aplicação (terrestre e aérea) diminuíram a redução da área foliar ocasionada pela herbivoria desse inseto, quando comparado ao controle (sem pulverização).

1003

1004

Em citros, Brooks (1965) comparou a aplicação convencional com a aplicação aérea utilizando o helicóptero com diferentes tipos de inseticidas e volumes de aplicação para o

1005 controle do ácaro da falsa ferrugem, mosca branca, cochonilha, mancha graxa dos citros e
 1006 melanose. Os autores avaliaram os inseticidas Parathion 4E (inseticida/acaricida do grupo dos
 1007 organofosforados) (4,7 L p.c..ha⁻¹, uma aplicação), Chlorobenzilate 2E (inseticida/acaricida do
 1008 grupo químico dos benzilatos) (4,2 L p.c..ha⁻¹, trs aplicações), Guthion 2E (inseticida do grupo
 1009 dos organofosforados) (4,2 L p.c..ha⁻¹, duas aplicações), Ethion 4E (inseticida do grupo dos
 1010 organofosforados) (4,2 L p.c..ha⁻¹, duas aplicações) e Chlorobenzilate 4E (inseticida/acaricida
 1011 do grupo químico dos benzilatos) (2,1 L.p.c.ha⁻¹, duas aplicações), fungicida Copper Cu-We-
 1012 Red (2,3 L.p.c.ha⁻¹, uma aplicação) e óleo Miscible oil 99,3% (93,5 L p.c..ha⁻¹, duas aplicações)
 1013 nas mesmas dosagens, porém modificando o volume de calda por hectare (93,5 L.ha⁻¹ no
 1014 helicóptero e 11.692,5 L.ha⁻¹ no pulverizador terrestre). O autor reportou que os volumes
 1015 testados e o tipo de aplicação (terrestre e aérea) causaram mortalidade similar do ácaro da falsa
 1016 ferrugem, porém o pulverizador terrestre apresentou maior cobertura e eficácia no controle dos
 1017 demais insetos e doenças.

1018 Para o controle de adultos de *D. citri*, Lemo (2015) comparou a eficácia entre
 1019 pulverizações com avião agrícola (volume de calda de 5 L.ha⁻¹) e terrestre (volume de calda de
 1020 1.000 L.ha⁻¹) em quatro experimentos (dois com pulverização aérea e dois com pulverização
 1021 terrestre). Na aplicação terrestre foram utilizados doze diferentes inseticidas, sendo eles:
 1022 azadiractina (inseticida/acaricida/nematicida do grupo dos tetranortriterpenóides) (1 L p.c..ha⁻¹),
 1023 espinosade (inseticida do grupo das espinosinas) (0,05 L p.c..ha⁻¹), piridaben
 1024 (inseticida/acaricida do grupo químico piridazinona) (1 L p.c..ha⁻¹), bifentrina
 1025 (inseticida/acaricida do grupo dos piretroides) (0,4 L p.c..ha⁻¹), imidacloprido (inseticida do
 1026 grupo dos neonicotinoides) (0,4 L p.c..ha⁻¹), dimetoato (inseticida/acaricida do grupo dos
 1027 organofosforados) (1 L p.c..ha⁻¹), cloridrato de formetanato (inseticida/acaricida do grupo dos
 1028 carbamatos) (1 Kg p.c..ha⁻¹), carbossulfano (inseticida/acaricida do grupo metilcarbamato de
 1029 benzofuranila) (0,4 L p.c..ha⁻¹), gama-cialotrina (inseticida do grupo dos piretroides) (0,2 L
 1030 p.c..ha⁻¹), clorpirifós (inseticida/acaricida do grupo dos organofosforados) (1 L p.c..ha⁻¹), beta-
 1031 ciflutrina (inseticida do grupo dos piretroides) (0,2 L p.c..ha⁻¹) e fosmete (inseticida do grupo
 1032 dos organofosforados) (1 Kg p.c..ha⁻¹), confinando os insetos antes da aplicação (efeito tópico
 1033 + residual) e após a aplicação (efeito residual). Na aplicação aérea por meio de avião, o autor
 1034 analisou quatro diferentes inseticidas, sendo eles: bifentrina (inseticida/acaricida do grupo dos
 1035 piretroides) (0,4 L p.c..ha⁻¹ e 0,2 L p.c..ha⁻¹), etofenproxi (inseticida do grupo éter difenílico)
 1036 (1 L p.c..ha⁻¹), clorpirifós (inseticida/acaricida do grupo dos organofosforados) (1 L p.c..ha⁻¹)
 1037 e cipermetrina (inseticida do grupo dos piretroides) (0,5 L p.c..ha⁻¹), todos com a adição de 3
 1038 L de óleo mineral por *hopper*. Quando aplicados sobre os insetos, todos os inseticidas causaram

1039 alta mortalidade para ambas as modalidades de pulverização. Bifentrina apresentou efeito
1040 tópico eficaz em ambas as dosagens testadas (0,2 e 0,4 L.ha⁻¹) em pulverização aérea, com
1041 mortalidade de aproximadamente 70% aos 1 e 3 DAC e 90% aos 7 DAC. No entanto, para
1042 avaliação da mortalidade de *D. citri* sobre o resíduo seco com pulverização terrestre,
1043 imidacloprido, bifentrina e dimetoato apresentaram os melhores resultados com mortalidade
1044 superior a 60% aos 7 DAC. Já para pulverização aérea, a mortalidade residual de bifentrina foi
1045 inferior a 20%, resultado diferente o presente trabalho que foi de 75%.

1046 O acaricida/inseticida utilizado no trabalho está presente na lista ProteCitrus, e
1047 registrado pelo MAPA para a utilização em pulverização aérea para a cultura dos citros, porém
1048 não possui registro para o controle de *D. citri*. Contudo, o acaricida/inseticida bifentrina foi
1049 escolhido pela sua alta eficácia para o controle do inseto vetor do HLB, e por ser o mais utilizado
1050 pelo setor citrícola.

1051 Os resultados de mortalidade observados neste presente estudo utilizando avião e todos
1052 os volumes utilizados por meio de helicóptero, foram semelhantes em relação ao efeito de
1053 choque aos reportados por Lemo (2015). O autor avaliou a mortalidade de *D. citri* por meio de
1054 avião a 5 L.ha⁻¹ de bifentrina nas doses de 0,2 e 0,4 L.ha⁻¹ p.c., adicionando de 3 L de óleo
1055 mineral. Contudo, pelo fato dos resultados de Lemo (2015) serem semelhantes aos obtidos no
1056 presente estudo, sugere-se que a adição de óleo mineral em pulverização aérea não incrementa
1057 a qualidade de pulverização e eficácia de controle de *D. citri*. Adicionalmente, Arevalo &
1058 Stansly (2009) compararam a pulverização com avião e terrestre utilizando diferentes
1059 ingredientes ativos de inseticidas (com e sem uso de adjuvantes ou óleo mineral) para o controle
1060 de *D. citri*. Os autores reportaram que o óleo mineral e o adjuvante, não incrementaram a
1061 mortalidade do inseto quando comparado aos mesmos tratamentos sem adição do óleo e o
1062 adjuvante. No mais, o óleo mineral não é recomendado para pulverizações aéreas, tampouco
1063 em associação com bifentrina, pois incrementa os custos de aplicação quando agregado no
1064 preparo da calda, evidenciando que não há necessidade do uso de óleo mineral em pulverizações
1065 aéreas.

1066 Contudo, Santos (2013) reportou eficácia de controle de *D. citri* superior ao presente
1067 trabalho (80% aos 7 DAA), onde o autor utilizou o inseticida lambda-cialotrina (20 g i.a.ha⁻¹
1068 adicionado com óleo mineral 60% do volume de calda) com aplicação aérea por meio de avião
1069 nos volumes de calda 3,5 L.ha⁻¹, 5 L.ha⁻¹ e 10 L.ha⁻¹. No mais, o controle evidenciado por
1070 lambda-cialotrina observado por Santos (2013), corroboram aos resultados observados com
1071 bifentrina para aplicação via helicóptero em todos os volumes de aplicação avaliados no

1072 presente estudo, indicando eficácia similar no controle de *D. citri* em diferentes modalidades
1073 de aplicação aérea e com diferente ingrediente ativo.

1074 A qualidade de aplicação aferida pelo Ecoar para o avião (78,4%) foi superior em
1075 relação às aplicações com helicóptero 5, 10 e 15 L.ha⁻¹ (50,3%, 62,1%, 71,7%,
1076 respectivamente). No entanto, a melhor qualidade de aplicação aferida pelo Ecoar não refletiu
1077 em maior eficácia de controle de *D. citri*, haja visto que os volumes de calda de 5 e 10 L.ha⁻¹
1078 foram mais eficazes no período de 1-5 DAA, o volume de 5 L.ha⁻¹ foi no mais eficaz no período
1079 de 6-10 DAA e os volumes de calda de 5 e 15 L.ha⁻¹ aplicado com helicóptero foram os mais
1080 eficazes no período de 11-15 DAA. Contudo, a aferição da qualidade de aplicação realizada
1081 pelo Ecoar mostra apenas a assertividade em que as gotas saíram da ponta do equipamento do
1082 avião e que o percurso estava alinhado com a área planejada e não mensura como a gota do
1083 produto foi depositado nas folhas, o que teria maior relação com o efeito dos volumes e/ou
1084 equipamentos testados sobre a mortalidade de *D. citri*. Especificamente entre os equipamentos
1085 testados, o efeito “*downwash*” gerado pelo helicóptero reduzem a interferência negativa do
1086 vento na uniformidade de aplicação, o que poderia explicar a maior eficácia de controle de *D.*
1087 *citri* par alguns volumes aplicados com helicóptero em relação ao avião, mesmo apresentando
1088 menores porcentagens de qualidade de aplicação gerados pela análise do Ecoar.

1089 A maior eficácia da aplicação com o helicóptero no volume de calda de 15 L.ha⁻¹, no
1090 período de 11-15 DAA, está relacionada ao maior volume de aplicação da bifentrina em relação
1091 aos demais tratamentos, contribuindo com cobertura mais uniforme, mesmo com maior diluição
1092 de i.a. na calda. Por outro lado, a maior mortalidade de *D. citri* para o tratamento com 5 L.ha⁻¹
1093 no período de 1-15 DAA, pode ser explicado pela maior concentração de bifentrina na calda
1094 (0,04 L p.c..L⁻¹ para 5 L.ha⁻¹), enquanto que para o volume de 10 L.ha⁻¹ é de 0,02 L p.c..L⁻¹, ou
1095 seja, metade da concentração.

1096 Em relação a eficácia das aplicações, todos os volumes de calda testados nas aplicações
1097 por meio de helicóptero se apresentaram eficazes para o controle de *D. citri* (\geq a 75% de
1098 mortalidade - efeito de choque). No entanto, as reduções de volume de calda implicam em maior
1099 rendimento operacional da aeronave, ocasionados pela diminuição de decolagens e pousos para
1100 abastecimento de calda, economia de combustível e tempo de aplicação total, sendo na média
1101 25% (para 10 L.ha⁻¹) e 47% (para 5 L.ha⁻¹) comparando à aplicação com helicóptero a 15 L.ha⁻¹,
1102 impactando no custo da operação por área. Nesse sentido, o custo deve ser analisado para a
1103 contratação do serviço de aplicação por meio de helicóptero, considerando os resultados de
1104 mortalidade de *D. citri* em cada volume de calda apresentados no presente trabalho.

1105

1106

5. CONCLUSÃO

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

Todos os volumes de calda aplicados por helicóptero são eficazes (acima de 75%) no controle de *D. citri* mostrando efeito de choque, podendo ser utilizado para o manejo do inseto vetor. Os parâmetros de rendimento nos tratamentos por meio de helicóptero a 10 e 5 L.ha⁻¹ apresentam redução (de 25 a 47%, respectivamente) em relação ao tratamento de 15 L.ha⁻¹ sendo que no caso da aplicação por meio de helicóptero, acarreta em redução do valor do serviço.

1114 **REFERÊNCIAS**

1115

1116 Agência Nacional de Aviação Civil. 2016. **ANAC certifica operações com helicóptero na**
 1117 **agricultura**. ANAC. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/noticias/2016/anac-certifica-](https://www.anac.gov.br/noticias/2016/anac-certifica-operacoes-com-helicoptero-na-agricultura)
 1118 [operacoes-com-helicoptero-na-agricultura](https://www.anac.gov.br/noticias/2016/anac-certifica-operacoes-com-helicoptero-na-agricultura)>. Acesso em: 19 ago. 2020.

1119

1120 Anuário da agricultura brasileira. **Agrianual**. 2021. IEG FNP Agribusiness. Disponível em:
 1121 <<https://www.agrianual.com.br>. Acesso em: 23 março. 2021.

1122

1123 Araújo, E.C. 2020. **Frota brasileira de aeronaves agrícolas**. Porto Alegre: Sindicato Nacional
 1124 das Empresas de Aviação Agrícola. 18 p. Disponível em: <[https://sindag.org.br/wp-](https://sindag.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Frota-Agricola-2019-texto-versao-2.0.final_.pdf)
 1125 [content/uploads/2020/05/Frota-Agricola-2019-texto-versao-2.0.final_.pdf](https://sindag.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Frota-Agricola-2019-texto-versao-2.0.final_.pdf)>. Acesso em: 19
 1126 ago. 2020.

1127

1128 Arevalo, H.A., Stansly, P.A. 2009. Control of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri*
 1129 Kuwayama, with ground and aerial application of selected Insecticides. **Proceedings of the**
 1130 **Florida State Horticultural Society** 122:186-188.

1131

1132 Asato, F.P. 2018. Eficiência da pulverização de inseticida na borda dos talhões no manejo do
 1133 huanglongbing. 33 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da
 1134 Citricultura.

1135

1136 Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gimenes-Fernandes, N., Yamamoto, P.T., Gottwald, T.R.,
 1137 Amorim, L., Bergamin-Filho, A. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector
 1138 control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease**
 1139 97(6):789-796.

1140

1141 Bassanezi, R.B., Lopes, S.A., Miranda, N.P, Wulff, N.A, Volpe, H.X.L.V, Ayres, A.J. 2020.
 1142 Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant**
 1143 **Pathology** 45(3):251-264.

1144

1145 Bayer, T., Costa, I.D.F, Lenz, G., Zemolin, C., Marques, L.N., Stafanelo, M.S. 2011.
 1146 Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura de arroz
 1147 irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 15(2):192-198.

1148

1149 Boina, D.R., Meyer, W.L., Onagbola, E.O., Stelinski, L.L. 2009. Quantifying dispersal of
 1150 *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of
 1151 unmanaged groves on commercial citrus management. **Environmental Entomology**
 1152 38(4):1250-1258.

1153

1154 Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus.
 1155 **Journal of Plant Pathology** 88(1):7-37.

1156

1157 Brooks, R.F. 1965. Comparison of a helicopter with a conventional air-blast sprayer in the
 1158 application of a citrus spray program. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**
 1159 78:69-73.

1160

1161 Canale, M.C., Komada, K.M.A., Lopes, J.R.S. 2019. Latency and incubation of ‘*Candidatus*
 1162 *Liberibacter asiaticus*’ in citrus after vector inoculation. **Tropical Plant Pathology** 45(3):320-
 1163 326.

- 1164
1165 Capoor, S.P., Rao D.G., Viswanath S.M. 1967. *Diaphorina citri* Kuwayama, a vector of the
1166 Greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Agricultural Science** 37:572-576.
- 1167 Chen, M.H., Miyakawa, T., Matsui, C. 1973. Citrus Likubin pathogens in salivary glands of
1168 *Diaphorina citri*. **Phytopathology** 63(1):194-195.
- 1169
1170 Christofoletti, J.C. 1999. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu**
1171 **controle**. São Paulo: Teejet South America. 15 p.
- 1172
1173 Cifuentes-Arenas, J.C., Goes, A., Miranda, M.P., Beattie, G.A.C., Lopes, S.A. 2018. Citrus
1174 flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **Plos One** 13(1):1-17.
- 1175
1176 Coletta-Filho, H.D., Tagon, M.L.P.N., Takita, M.A., Negri, J.D., Pompeu Júnior, J., Carvalho,
1177 A.S., Machado, M.A. 2004. First report of the causal agent of huanglongbing ("*Candidatus*
1178 *Liberibacter asiaticus*") in Brazil. **Plant Disease** 88(12):1382-1382.
- 1179
1180 Corrêa, H.G. 1997. Otimização da aplicação aérea de defensivos na cultura da banana, com a
1181 utilização da espectrofotometria de absorção atômica. 123 f. **Dissertação de Mestrado**.
1182 Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- 1183
1184 Costa, C.C. 2017. **Custo e benefícios do uso da pulverização aérea de agrotóxicos na**
1185 **agricultura**. São Carlos: Embrapa Instrumentação. 22 p. (Boletim de Pesquisa e
1186 Desenvolvimento 39).
- 1187
1188 Crawley, M.J. 2015. Proportion data. In: _____. (Org.). **Statistics: an introduction using R**.
1189 Chichester: Wiley. p. 256-272.
- 1190
1191 Croxton, S.D., Stansly, P.A. 2013. Metalized polyethylene mulch to repel Asian citrus psyllid,
1192 slow spread of huanglongbing and improve growth of new citrus plantings. **Pest Management**
1193 **Science** 70(2):318–323.
- 1194
1195 Cunha, J.P.A.R., Teixeira, M.M., Vieira, R.F., Fernandes, H.C. 2005. Deposição e deriva de
1196 calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda.
1197 **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 9(1):133-138.
- 1198
1199 Cunha, J.P.A.R., Ruas, R.A.A. 2006. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de
1200 pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 36:61-
1201 66.
- 1202
1203 Davis, M.J. Mondal, S.N., Chen, H., Rogers, M.E., Brlansky, R.H. 2008. Co-cultivation of
1204 "*Candidatus Liberibacter asiaticus*" with actinobacteria from citrus with huanglongbing. **Plant**
1205 **Disease** 92(11):1547-1550.
- 1206
1207 De Carli, L.F., Miranda, M.P., Volpe, H.X.L., Zanardi, O.Z., Vizoni, M.C., Martini, F.M, Lopes,
1208 J.P.A. 2018. Leaf age affects the efficacy of insecticides to control Asian citrus psyllid,
1209 *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology** 142(7):689–695.
- 1210
1211 Diniz, A.J.F., Garcia, A.G., Alves, G.R., Reigada, C., Vieira, J.M., Parra, J.R.P. The Enemy is
1212 Outside: Releasing the Parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in External

- 1213 Sources of HLB Inocula to Control the Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera:
1214 Liviidae). 2020. **Neotropical Entomology** 49:250–257.
1215
1216
- 1217 Fundo de Defesa da Citricultura. 2020a. **Inventário de árvores e estimativa da safra de**
1218 **laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste mineiro**. 31 p. Disponível
1219 em:
1220 <[https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Invent%C3%A1rio_e_Esti](https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf)
1221 [mativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf](https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf)>. Acesso em: 01 ago. 2020.
1222
- 1223 Fundo de Defesa da Citricultura. 2020b. **Levantamento da incidência das doenças dos citros:**
1224 **greening, CVC e cancro cítrico no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**
1225 **2020**. Araraquara, SP. 67 p.
1226
- 1227 Fundo de Defesa da Citricultura. 2020c. **ProteCitrus**: produtos para proteção da citricultura.
1228 Disponível em: <<https://www.fundecitrus.com.br/protectitrus>>. Acesso em: 05 ago. 2020.
1229
- 1230 Fundo de Defesa da Citricultura. 2020d. **Alerta Fitossanitário**. Disponível em:
1231 <<http://alerta.fundecitrus.com.br/fundecitrus/wphome.aspx>>. Acesso em: 05 ago. 2020.
1232
- 1233 Glowacka, B., Sierpiska, A. 2012. Control of adult cockchafers *Melolontha* spp. with
1234 Mospilan 20 SP. **Folia Forestalia Polonica** 54(2):109-115.
1235
- 1236 Grafton-Cardwell, E.E., Stelinski, L.L., Stansly, P.A. 2013. Biology and management of Asian
1237 citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. **Annual Review of Entomology** 58:413-
1238 432.
1239
- 1240 Graham. J., Gottwald, T., Setamou, M. 2020. Status of huanglongbing (HLB) outbreaks in
1241 Florida, California and Texas. **Tropical Plant Pathology** 45(3):265-278.
1242
- 1243 Johnstone, D.R., Matthews, G.A. 1965. Comparative assessment of dosage distributions in
1244 cotton resulting from helicopter and ground -spray treatments. **The annals of applied Biology**
1245 55(3):431-438.
1246
- 1247 Kumar, V., Avery, P.B., Ahmed, J., Cave, R.D., McKenzie, C.L., Osborne, L.S. 2017.
1248 Compatibility and Efficacy of *Isaria fumosorosea* with Horticultural Oils for Mitigation of the
1249 Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Insects** 8(4):119.
1250
- 1251 Lanza, R.M. 2016. Eficácia da pulverização eletrostática no controle de *Diaphorina citri*
1252 Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em pomar de citros. 22 f. **Dissertação de Mestrado**.
1253 Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
1254
- 1255 Lemo, R.R. 2015. Efeito de inseticidas a campo no controle de adultos de *Diaphorina citri*
1256 Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). 30 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de
1257 Defesa da Citricultura.
1258
- 1259 Lima, A.M.C. 1942. Ordem Homoptera. In: _____(Ed.). **Insetos do Brasil**: homópteros. Rio
1260 de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. p. 7-21. Tomo 3. (Série Didática n. 4).
1261

- 1262 Lobo Junior, M.I. 2015. **Helicóptero na agricultura**. Itajubá: Helibraz Helicópteros.
 1263 Disponível em: <<http://www.helibrazhelicopteros.com.br/helicoptero-na-agricultura>>. Acesso
 1264 em: 19 ago. 2020.
 1265
- 1266 Lopes, S.A., Frare, G.F. 2008. Graft transmission and cultivar reaction of citrus to ‘*Candidatus*
 1267 *Liberibacter americanus*’. **Plant Disease** 92(1):21-24.
 1268
- 1269 Lopes Junior, V.G. 2011. O helicóptero na aviação agrícola brasileira. 19 f. **Trabalho de**
 1270 **Conclusão de Curso**. Curitiba, PR: Universidade Tuiuti do Paraná.
 1271
- 1272 Marin, D.R.. 2019. Densidade e raio de dispersão de *Tamarixia radiata* (Waterston)
 1273 (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:
 1274 Liviidae) em pomares cítricos. 28 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de
 1275 Defesa da Citricultura.
 1276
- 1277 Matuo, T. 1990. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP. 139 p.
 1278
- 1279 McClean, A.P.D., Oberholzer, P.C.J. 1965. Citrus psylla, a vector of the greening disease of
 1280 sweet orange. **South African Journal of Agricultural Science** 8(1):297-298.
 1281
- 1282 Miller, G.E., Hutcheson, D.W. 1981. Aerial spraying for control of the spiral spruce-cone borer,
 1283 *Hylemya Anthricina* (Diptera: Anthomyiitidae). **Journal of the Entomological Society of**
 1284 **British Columbia** 78:3-6.
 1285
- 1286 Miranda M.P., Noronha Jr., N.C., Marques, R.N. 2011. Alternativas para o manejo do vetor do
 1287 greening no Brasil. In: Baldin. E.L.P., Fujihara, R.T., Firmino, A.C., Negrisoli, E., Souza, E.S.,
 1288 Prado, E.P. (Ed.). **Avanços em Fitossanidade**. Botucatu: UNESP. p. 143-163.
 1289
- 1290 Miranda, M.P., Zanardi, O.Z., Tomaseto, A.F., Volpe, H.X.L., Garcia, R.B., Prado, E. 2018.
 1291 Processed kaolin affects the probing and settling behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera:
 1292 Liviidae). **Pest Management Science** 74(8):1964-1972.
 1293
- 1294 Miranda, M.P., Scapin, M.S., Vizoni, M.C., Zanardi, O.Z., Eduardo, W.I., Volpe, H.X.L. 2020.
 1295 Spray volumes and frequencies of insecticide applications for suppressing *Diaphorina*
 1296 *citri* populations in orchards. **Crop Protection** 140:1-35.
 1297
- 1298 Neves, M.F. 2016. **Vai agronegócio! 25 anos cumprindo missão vitoriosa**. São Paulo:
 1299 Canaeste. 538 p.
 1300
- 1301 Neves, M.F., Trombin, V.G., Kalaki, R.B., Lopes, F.F. 2015. **A laranja, do campo ao copo**.
 1302 São Paulo: Atlas. 248 p.
 1303
- 1304 Neves, M.F., Trombin, V.G. 2017. **Anuário da citricultura 2017**. São Paulo: CitrusBR. 57 p.
 1305
- 1306 Padulla, L.F.L. 2007. Estudo de fungos entomopatogênicos para o controle de ninfas do psíldeo
 1307 *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae). 91 f. **Dissertação de Mestrado**.
 1308 Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo.
 1309

- 1310 Pagliuca, L., Cappello, F., Viana, M., Lorenzi, C., Boteon, M., Borgato, E., Lourencini, I. 2012.
 1311 Citros – sustentabilidade citrícola é desafiada pelos altos custos de produção. **Hortifruti Brasil**
 1312 112:10-21.
 1313
- 1314 Pinto, A.P.F., Batista Filho, A., Almeida, J.E.M., Wenzel, I. M. 2012. Patogenicidade de
 1315 *Beauveria bassiana* ao psilídeo *Diaphorina citri* e compatibilidade do fungo com produtos
 1316 fitossanitários. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47(12):1673-1680.
 1317
- 1318 Ripper, W.E. 1955. Application methods for crop protection chemicals. **Annals of Applied**
 1319 **Biology** 42(1):288-324.
 1320
- 1321 Santos, J.M.F. 2005. Aplicação aérea e terrestre: vantagens e limitações comparativas.
 1322 Resumos. **V Congresso Brasileiro de Algodão**. Salvador BA. p. 5.
 1323
- 1324 Santos, T.R.G. 2013. Volumes de calda e faixas de aplicação em pulverização aérea para o
 1325 controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em citros. 38 f. **Dissertação de**
 1326 **Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
 1327
- 1328 Scardelato, D.A. 2013. Adequação do volume de calda no controle de *Diaphorina citri*
 1329 Kuwayama Hemiptera (Liviidae), em pomar de laranja no município de Colômbia, SP. 29 f.
 1330 **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
 1331
- 1332 Scapin, M.S., Behlau, F., Scandelai, L.H.M., Fernandes, R.S., Silva Jr., G.J., Ramos, H.H.
 1333 2015. Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. **Crop**
 1334 **Protection** 77:119-126.
 1335
- 1336 Sétamou, M., Bartels, D.W. 2015. Living on the edges: spatial niche occupation of Asian citrus
 1337 psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in citrus groves. **Plos One** 10(7):1-
 1338 21.
 1339
- 1340 Silva Junior, G.J., Scapin, M.S., Silva, F.P., Silva, A.R.P., Behlau, F., Ramos, H.H. 2016. Spray
 1341 volume and fungicide rates for citrus black spot control based on tree canopy volume. **Crop**
 1342 **Protection** 85:38-45.
 1343
- 1344 Sperandio, P.H. 2016. Pulverização em ultra baixo volume para o controle de *Diaphorina citri*
 1345 Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). 24 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de
 1346 Defesa da Citricultura.
 1347
- 1348 Stewart, W.S, Gammon, C., Hield, H.Z. 1952. Deposit of 2,4-D and kill od wild grape vines by
 1349 helicopter spray application. **American Journal of Botany** 39(1):1-5.
 1350
- 1351 Teixeira, D.C., Saillard C., Eveillard, S., Danet, J.L., Costa, P.I., Ayres, A.J., Bové, J. M. 2005a.
 1352 “*Candidatus Liberibacter americanus*,” associated with citrus Huanglongbing (greening
 1353 disease) in São Paulo State, Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary**
 1354 **Microbiology** 55(5):1857-1862.
 1355
- 1356 Teixeira D.C., Ayres A.J., Kitajima E.W., Tanaka F.A.O., Danet L., Jagoueix-Eveillard S.,
 1357 Saillard C., Bové J.M. 2005b. First Report of a Huanglongbing-Like Disease of Citrus in Sao
 1358 Paulo State, Brazil and Association of a New Liberibacter Species, “*Candidatus Liberibacter*
 1359 *americanus*”. **Plant Disease** 89(1):107.

- 1360
1361 Tomaseto, A.F. 2015. Effect of plant barriers and citrus leaf age on dispersal of *Diaphorina*
1362 *citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology** 140(1-2):91-102.
1363
- 1364 Tomaseto, A.F., Marques, R.N., Fereres, A. Zanardi, O.Z., Volpe, H.X.L, Alquézar, B., Peña,
1365 L., Miranda, M.P. 2019. Orange jasmine as a trap crop to control *Diaphorina citri*. **Scientific**
1366 **Reports** 9:2070.
1367
- 1368 Volpe, H.X.L., Fazolin, M., Garcia, R.B., Magnani, R.F., Barbosa, J.C., Miranda, M.P. 2015.
1369 Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults of *Diaphorina citri*. **Pest**
1370 **Management Science** 72(6):1242-1249.
1371
- 1372 Yamamoto, P.T. 2008. Controle de insetos vetores de bactérias causadoras de doenças em
1373 citros. In: _____ (Org.). **Manejo integrado de pragas dos citros**. Piracicaba: CP 2. p. 237-
1374 260.
1375
- 1376 Yamamoto, P.T., Paiva, P.E.B., Gravena, S. 2001. Flutuação populacional de *Diaphorina citri*
1377 Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região norte do Estado de São
1378 Paulo. **Neotropical Entomology** 30(1):165-170.
1379
- 1380 Yamamoto, P.T., Felipe, M.R., Garbim, L.F., Coelho, J.H.C., Ximenes, N.L., Martins, E.C.,
1381 Leite, A.P.R., Sousa, M.C., Abrahao, D.P., Braz, J.D. 2006. *Diaphorina citri* (Kuwayama)
1382 (Hemiptera: Psyllidae): vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter americanus*.
1383 **Proceedings of the Huanglongbing-Greening International Workshop**, Ribeirão Preto SP.
1384 2006. p. 96.
1385
- 1386 Zhou, C. 2020. The status of citrus Huanglongbing in China. **Tropical Plant Pathology**
1387 45:279–284.