

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE UM PULVERIZADOR DE VOLUME ULTRA
BAIXO NA CULTURA DO CAFÉ PARA O CONTROLE DE
Leucoptera coffeella (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)**

**Sergio Tadeu Decaro Junior
Engenheiro Agrônomo**

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE PULVERIZADOR DE VOLUME ULTRA
BAIXO NA CULTURA DO CAFÉ PARA O CONTROLE DE
Leucoptera coffeella (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)**

Sergio Tadeu Decaro Junior

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)**

2013

Decaro Junior, Sergio Tadeu
D291a Avaliação de um pulverizador de volume ultra baixo na cultura do café para o controle de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) / Sergio Tadeu Decaro Junior. – Jaboticabal, 2013
xiii, 102 f. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: Tomás Kanashiro Matuo, Daniel Junior de Andrade
Bibliografia

1. Calda fitossanitária. 2. Eficiência. 3. Bicho-mineiro. 4. Tecnologia de aplicação. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.348:633.73



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AVALIAÇÃO DE UM PULVERIZADOR DE VOLUME ULTRA BAIXO NA CULTURA DO CAFÉ PARA O CONTROLE DE *Leucoptera coffeella* (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)

AUTOR: SERGIO TADEU DECARO JUNIOR

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. TOMAS KANASHIRO MATUO

AUTÔNOMO / Idéia - Ind. Com. Pesq. Des. MAq. Implem. Agrícolas - Ltda ME / Jaboticabal/SP

Data da realização: 04 de fevereiro de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Sergio Tadeu Decaro Junior – Filho de Sergio Tadeu Decaro e Maria Terezinha Stracini Decaro, nasceu aos 6 de outubro de 1988 na cidade de Taquaritinga – SP. É formado em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Câmpus de Jaboticabal, em 2010. Durante a graduação trabalhou nas áreas de adubação, nutrição de plantas e entomologia agrícola, com ênfase na cultura do café. Foi membro fundador do Grupo Integração Empresa Universidade (GIEU) de 2008 a 2010. Em 2011 ingressou no mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Câmpus de Jaboticabal – SP, para trabalhar na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.

*“Quanto mais nos elevamos, menores parecemos aos olhos
daqueles que não sabem voar.”*

(Friedrich Nietzsche)

Pai e Mãe

Nem todas as mais belas palavras do mundo poderiam descrever tão sucintamente a grandiosidade de ser auxiliado pelas pessoas que me trouxeram à luz

À Maria Terezinha Stracini Decaro, pelo seu jeito exímio de mãe carinhosa e cuidadosa em todos os momentos de minha vida, sabendo proferir as mais confortantes palavras em forma de lições para toda a minha vida

Ao Sergio Tadeu Decaro, pelo jeito exemplar de pai, professor, melhor amigo, pessoa honesta e aguerrida que, sem nunca desistir de suas vontades, me ensinou a alcançar meus sonhos a partir de muito esforço

Sem nunca deixar de lembrar tudo que me fizeram sempre da melhor e mais bela maneira, eu descrevo, contendo lágrimas, meu eterno agradecimento

Dedico

À Beatriz Silveira Braga, por ser a pessoa mais linda que conheci em minha vida e por fazer o mundo parecer pequeno perante o amor que sinto por ela.

Com seu sorriso, é capaz de elevar tudo à minha volta a um estado de encanto, pelo qual eu viveria eternamente apaixonado. Dizer que a amo faz de mim um poeta. Um poeta que, por ela, transformaria todo verso e estrofe na mais emocionante e linda poesia.

Dedico

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de estudos e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, por financiar os custos do projeto.

Ao meu irmão Ricardo Augusto Decaro por ser meu companheiro de todas as horas, me ajudando e dividindo comigo os melhores momentos e os benefícios de nossa profissão de Engenheiro Agrônomo

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira por ter sido minha enciclopédia durante o mestrado, retirando minhas dúvidas, dividindo palavras amigas dentro e fora da faculdade, na forma de professor, orientador, amigo e irmão.

Aos meus amigos Dr. Tomás Kanashiro Matuo e Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade por aceitarem tão prontamente participar de minha banca examinadora. Vossa amizade sempre me trouxe muito conhecimento e vocês já me ajudaram muito em minha vida acadêmica.

Prof^a. Dr^a. Nilza Maria Martinelli e ao Prof. Dr. Ricardo Antonio Polanczyk por terem contribuído e muito na forma de examinadores em minha qualificação.

Ao meu “Co-Orientador”, amigo, Técnico em Agropecuária Gilson José Leite que, sem sombra de dúvida é merecedor de grande parte do mérito desse trabalho. Sua experiência transcende limites e transborda conhecimento.

Ao estimado amigo de Altinópolis-SP, Senhor José Cadurin Guimaraés, proprietário do sítio São Luis, que acolheu a proposta do experimento e contribuiu imensamente conosco disponibilizando a área e compartilhando sua experiência profissional.

Ao Engenheiro Mecânico Gunther Fouquet, da Empresa de pulverizadores PulsFog, que participou da pesquisa e disponibilizou o pulverizador, fornecendo apoio em todas as etapas do trabalho.

À empresa Agrovant de Jaboticabal-SP, por nos ter fornecido o adjuvante óleo mineral Argenfrut utilizados nas pulverizações e experimentos em laboratório.

Aos amigos pós-graduandos Olinto Lasmar, Ricardo José Lourençon, George França Gomes de Carvalho, Henrique Borges Neves Campos e Ricardo Calore, por terem me ajudado e muito nas atividades de campo e laboratório relativas à dissertação

Ao meu avô Roque Stracini (*in memoriam*) e à minha tia Neusa Aparecida Stracini (*in memoriam*) por terem sempre acreditado em mim e por terem seguido um caminho à frente de meu tempo, me olhando de cima desde então.

Aos meus avós paternos e à minha avó materna presentes em minha vida e dedicados no sentido de ajudar e me orientar

Aos meus ilustríssimos melhores amigos Renan Augusto Teixeira Fumagalli, Leonardo José Garavello, Marco Aurélio Angotti Ferreira, Otávio Henrique Martinelli, Igor Fumagalli, Hugo Arthur Lopes Dian e Amadeu de Pietro que, por causas misteriosamente desconhecidas, sabem tornar qualquer momento incrivelmente único

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A cultura do café.....	3
2.2 Aspectos sobre <i>L. coffeella</i>	4
2.2.1 Importância econômica de <i>L. coffeella</i>	5
2.2.2 Controle de <i>L. coffeella</i>	7
2.3 Tecnologia de aplicação.....	8
2.3.1 Aplicação a volume ultra baixo: Histórico e conceitos.....	12
3 REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS DA CALDA OLEOSA E DO CONTATO DE GOTAS COM A SUPERFÍCIE DE FOLHAS DE CAFÉ E DE VIDRO	21
RESUMO.....	21
ABSTRACT.....	22
1 INTRODUÇÃO.....	23
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Forma de avaliação dos resultados.....	25
2.2 Delineamento experimental.....	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.1 Tensão superficial.....	28
3.2 Superfície foliar.....	30
3.2.1 Ângulo de contato.....	30
3.2.2 Área molhada.....	33
3.3 Superfície lisa de vidro.....	36
3.3.1 Ângulo de contato.....	36

3.3.2 Área molhada.....	39
4. CONCLUSÕES.....	41
5. REFERÊNCIA.....	42

CAPÍTULO 3. QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO E DESEMPENHO OPERACIONAL DOS PULVERIZADORES NA CULTURA DO CAFÉ.....44

RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
1 INTRODUÇÃO.....	46
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.1 Delineamento experimental.....	53
2.2 Forma de análise dos resultados.....	54
2.2.1 Avaliação da deposição de calda.....	54
2.2.2 Capacidade de campo operacional.....	57
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
3.1 Taxa de recuperação do marcador nas caldas.....	59
3.2 Avaliação da deposição de marcador sobre a superfície das folhas de café pulverizadas.....	59
3.3 Avaliação do volume de inseticida depositado na superfície das folhas de café pulverizadas.....	64
3.4 Avaliação da capacidade de campo operacional dos pulverizadores.....	68
4. CONCLUSÕES.....	71
5. REFERÊNCIAS.....	72

CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DOS VOLUMES DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DE *Leucoptera coffeella* NA CULTURA DO CAFÉ.....75

RESUMO.....	75
ABSTRACT.....	76
1 INTRODUÇÃO.....	77
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	79
2.1 Local do experimento.....	79
2.2 Época de instalação.....	80

2.3 Delineamento experimental.....	82
2.4 Avaliação do controle de <i>L. coffeella</i>	82
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
3.1 Número de larvas de <i>L. coffeella</i> mortas.....	84
3.2 Eficiência da pulverização.....	87
3.3 Número de folhas minadas, número de ovos e larvas de <i>L. coffeella</i> parasitadas.....	89
4 CONCLUSÕES.....	92
5 REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICES	96
APÊNDICE I.....	97
APÊNDICE II.....	98
APÊNDICE III.....	99
APÊNDICE IV.....	100
APÊNDICE V.....	101
APÊNDICE V.....	102

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Página

Tabela 1. Proporção dos constituintes presentes nas caldas fitossanitárias utilizadas nas avaliações do experimento mais a calda testemunha composta por água.....25

Tabela 2. Valores em mN.m^{-1} de tensão superficial de gotas das diferentes caldas nos três diferentes momentos variando-se entre 0 e 180 segundos29

Tabela 3. Valor em graus do ângulo de contato de gotas das diferentes caldas aplicadas sobre a face adaxial de folhas de café nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.....31

Tabela 4. Valores em mm^2 da área molhada por gotas das diferentes caldas aplicadas sobre o limbo adaxial de folhas de café nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.....34

Tabela 5. Valor em graus do ângulo de contato de gotas das diferentes caldas aplicadas sobre uma superfície lisa de vidro nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.....37

Tabela 6. Valores em mm^2 da área molhada por gotas das diferentes caldas aplicadas sobre uma superfície lisa de vidro nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.....39

Capítulo 3

Tabela 1. Volumes de aplicação adotados nos dois testes para pulverização de plantas de café com suas respectivas velocidades de trabalho. Altinópolis, SP.....51

Tabela 2. Parâmetros de trabalho dos pulverizadores e condições meteorológicas referentes ao dia de aplicação..52

Tabela 3. Concentração nas caldas e taxa de recuperação de Mn^{2+} para cada tratamento e nos dois testes.....59

Tabela 4. Concentração em μg do íon Mn^{2+} depositado sobre a superfície de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação diferentes. Altinópolis - SP, 2012.....61

Tabela 5. Concentração em μg do íon Mn^{2+} depositado sobre a superfície de folhas de café nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo) a partir de pulverizadores e volumes de aplicação diferentes . Altinópolis - SP, 2012.....62

Tabela 6. Depósito em μg do íon Mn^{2+} depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Altinópolis – SP, 2012.....63

Tabela 7. Volume do produto fitossanitário, presente na calda, depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação diferentes. Altinópolis - SP, 2012.....65

Tabela 8. Volume do produto fitossanitário, presente na calda, depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo). Altinópolis - SP, 2012.....66

Tabela 9. Volume do produto fitossanitário em nL depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Altinópolis – SP, 2012.....67

Tabela 10. Médias dos tempos da atividade de pulverização coletados e parâmetros utilizados para o cálculo da capacidade de campo operacional dos pulverizadores em função dos volumes de aplicação. Sítio São Luis, Altinópolis - SP, 2012.....68

Capítulo 4

Tabela 1. Dados de precipitações pluviométricas por dia nos meses em que ocorreram no período dos experimentos. Altinópolis-SP.....81

Tabela 2. Volumes de calda mais óleo mineral aplicados para cada tratamento em função dos testes 1 (ano de 2011) e 2 (ano de 2012).....82

Tabela 3. Efeito dos volumes de pulverização e das épocas de avaliação do primeiro e segundo experimento sobre as variáveis larvas mortas de *L. coffella* na cultura do cafeeiro. Altinópolis – SP, 2011 e 2012.....85

Tabela 4. Efeito dos volumes de pulverização nos dois experimentos sobre as variáveis relacionadas a *Leucoptera coffeella* na cultura do café, considerando a média das três amostragens após a pulverização. Altinópolis – SP, 2011.....89

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2	Página
Figura 1. Equipamento tensiômetro Contact Angle System OCA, equipado com câmera CCD. Laboratório do NEDTA, Departamento de Fitossanidade, 2012.....	26
Figura 2. Valor do ângulo de contato de gotas aplicadas sobre a superfície de folhas de café fisiologicamente ativas, a partir de quatro caldas com suas respectivas concentrações de adjuvante nos momentos 5 e 180 segundos.....	33
Figura 3. Valor do ângulo de contato de gotas aplicadas sobre a superfície lisa de vidro, a partir de quatro caldas com suas respectivas concentrações de adjuvante nos momentos 5 e 180 segundos.....	38
Capítulo 3	
Figura 1. A. Primeira versão do pulverizador SMART, com 3 bocais pneumáticos em cada lado. B. Segunda versão do pulverizador SMART, com 6 bocais pneumáticos em cada lado. C. Pulverizador Arbus convencional para a cafeicultura, com 8 pontas de pulverização em cada lado.	49
Figura 2. A. Bocais pneumáticos UBV pulsFOG tipo cone cheio utilizados no primeiro teste. B. Bicais UBV pulsFOG tipo jato leque utilizados no segundo teste. Altinópolis, SP.....	50
Figura 3. Montagem do tubo de CO ₂ (A) e do recipiente armazenador de calda (B) no pulverizador SMART de volume ultra baixo. Altinópolis-SP, 2012.....	53
Figura 4. Esquema de uma parcela experimental, indicando o caminhamento dos pulverizadores por entre as plantas de café durante o tratamento fitossanitário.....	54

Figura 5. A. Amostragem dos pontos externos (1 e 3) e internos (2 e 4) da linha de planta. B. Amostragem dos pontos no terço superior (alto) e inferior (baixo) da planta de café.....55

Figura 6. A. Folhas de cada ponto de amostragem em repouso na solução de ácido clorídrico 0,2N. B. Extratos ácidos contendo o marcador extraído da superfície das folhas acondicionadas em potes de plástico. C. Medição de área foliar. D. Ilustração da aplicação de calda nas folhas de café para posterior avaliação da recuperação de marcador.56

Figura 7. Capacidade de campo operacional do conjunto trator-pulverizador em função dos cinco volumes de aplicação e valores em porcentagem da quantidade a mais de área que poderia ser tratada em uma jornada de oito horas em comparação com o maior volume de 400 L.ha⁻¹. Sítio São Luis, Altinópolis – SP, 2012.....69

Capítulo 4

Figura 1. A. Vista superior do Sítio São José. B. Vista inclinada do Sítio São José, podendo ser vista ao fundo, a cidade de Altinópolis-SP, Brasil. Foto: Google Earth, 2011.....80

Figura 2. Imagens vistas com auxílio de microscópio estereoscópico. A e B. Caracterização de folha minada. C. Larva viva retirada de uma mina nova. D. Larva morta encontrada em uma mina nova. E. Dois ovos colocados sobre uma folha de café. F. Pupa do parasitóide *Cirrospilus* sp. desenvolvida em larva de *L. coffeella*. Jaboticabal – SP, 2012.....83

Figura 3. Porcentagem de eficiência no controle de *Leucoptera coffeella* em função de diferentes volumes de aplicação em café no primeiro experimento. Altinópolis-SP, 2011.87

Figura 4. Porcentagem de eficiência no controle de *Leucoptera coffeella* em função de diferentes volumes de aplicação em café no segundo experimento. Altinópolis-SP, 2012.88

Figura 5. Evolução dos valores das variáveis relacionadas a *Leucoptera coffeella* no decorrer das três avaliações após a pulverização em função dos volumes de aplicação no primeiro experimento (ano 2011). A. Número de ovos. B. Número de folhas minadas.....90

Figura 6. Evolução dos valores das variáveis relacionadas a *Leucoptera coffeella* no decorrer das três avaliações após a pulverização em função dos volumes de aplicação no segundo experimento (ano 2012). A. Número de ovos. B. Número de folhas minadas.....91

APÊNDICES

APÊNDICE I

Valores em mN.m^{-1} de tensão superficial das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.....97

APÊNDICE II

A. Valores em graus do ângulo de contato de gotas aplicadas em folhas de café, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.....98

B. Valores em mm^2 da área molhada por gotas aplicadas em folhas de café, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.....98

APÊNDICE III

- A.** Valores em graus do ângulo de contato de gotas aplicadas em superfície lisa de vidro, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.....99
- B.** Valores em mm² da área molhada por gotas aplicadas em superfície lisa de vidro, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.....99

APÊNDICE IV

- A.** Concentração em µg do íon Mn²⁺ depositado sobre a superfície de folhas de café nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo) em função dos volumes de aplicação diferentes. Pontos nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis - SP, 2012.....100
- B.** Concentração em µg do íon Mn²⁺ depositado por cm⁻² de folhas de café após pulverização com volumes de aplicação em L.ha⁻¹ diferentes nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Volumes nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis – SP, 2012..... 100

APÊNDICE V

- A.** Volume de inseticida depositado por cm⁻² de folhas de café após pulverização com diferentes volumes em L.ha⁻¹ nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo). Pontos nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis - SP, 2012.....101

B. Volume de inseticida em nL depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização com volumes de aplicação em L.ha^{-1} nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Volumes nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis – SP, 2012.....101

APÊNDICE VI

A. Variação do número de larvas de *Leucoptera coffeella* mortas no decorrer das avaliações, para cada tratamento, incluindo a testemunha. Altinópolis-SP, 2011.....102

B. Variação do número de larvas de *Leucoptera coffeella* mortas no decorrer das avaliações, para cada tratamento, incluindo a testemunha. Altinópolis-SP, 2012.....102

AValiação DE UM PULVERIZADOR DE VOLUME ULTRA BAIXO NA CULTURA DO CAFÉ PARA O CONTROLE DE *Leucoptera coffeella* (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)

RESUMO – A necessidade de aplicações periódicas de produtos fitossanitários na cultura do café para o controle de *Leucoptera coffeella* assegura a produtividade em regiões propícias à alta ocorrência desse inseto, porém onera os custos de produção. A utilização de pulverizador que aplica volume ultra baixo de calda contribui para que haja uma redução desses custos. Para tanto, foram preparadas caldas fitossanitárias com diferentes concentrações de adjuvantes e medidas as características de tensão superficial, ângulo de contato e área molhada de gotas aplicadas sobre a superfície de folhas de café e de vidro. Essas caldas foram pulverizadas a campo por meio de um pulverizador de volume ultra baixo com bicos pneumáticos, nos volumes de 20, 30, 40, 46, 67 e 92 L.ha⁻¹, e um pulverizador convencional de volume alto, com bicos hidráulicos, nos volumes de 200 e 400 L.ha⁻¹, em que avaliaram-se os depósitos de marcador sobre folhas de plantas de café, bem como a capacidade de campo operacional dessas aplicações. Antes e após as pulverizações foram feitas 1 e 3 coletas de folhas, respectivamente, sendo uma prévia e a outras aos 7, 14 e 21 dias após a pulverização (DAP), em que foram avaliados o número de larvas de *L. coffeella* vivas e mortas, número de minas novas e velhas, número de folhas minadas, número de ovos e número de larvas de *L. coffeella* parasitadas e eficiência do controle. Os resultados mostraram que, aumentando-se a concentração de óleo na calda, há reduções no valor de tensão superficial, e conseqüentemente no ângulo de contato, aumentando a área molhada pelas gotas. A deposição de marcador sobre as folhas foi significativamente maior para os volumes do pulverizador convencional, porém o pulverizador pneumático depositou, significativamente, mais volume de inseticida nas folhas e de forma mais homogênea entre as alturas da planta. Os volumes menores proporcionaram um ganho em capacidade de campo operacional. O volume de 200 L.ha⁻¹ foi significativamente melhor que o volume de 400 L.ha⁻¹, para o pulverizador convencional, e a faixa de 70 a 90 L.ha⁻¹, para o pulverizador com bicos pneumáticos, podem ser utilizados no controle de *L. coffeella*, havendo eficiência da pulverização, ganho operacional, redução de custos e de contaminação ambiental.

Palavras-chave: calda fitossanitária, eficiência, bicho-mineiro, tecnologia de aplicação

EVALUATION OF AN ULTRA LOW VOLUME SPRAYER ON COFFEE PLANTATIONS FOR THE CONTROL OF *Leucoptera coffeella* (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)

ABSTRACT - The necessity of periodic pests application on coffee plantations for *Leucoptera coffeella* control assures the productivity of regions in a better position to this insect occurrence, nevertheless burdening the production costs. The sprayer utilization involving ultra low volume of pests contributes to a reduction of these costs. So, It were prepared spraying liquids with different adjuvant concentrations and measured their characteristics of surface tension, contact angle and wetted area by the droplets applied on coffee leave and glass surface. These spraying liquids were sprayed at the field through an ultra low volume sprayer equipped with pneumatic nozzles, at the volumes of 20, 30, 40, 46, 67 and 92 L.ha⁻¹, and a conventional high volume sprayer, equipped with hydraulic nozzles, at the volumes of 200 e 400 L.ha⁻¹, for evaluation of tracer deposits on coffee leaves, as well as the operational field capacity of these applications. Before and after the sprays, it were done 1 and 3 collections of leaves, respectively, with a previous and the three others at 7, 14 and 21 day after the spray (DAS), in which were evaluated the number of *L. coffeella* live and dead larvae, number of new and old mines, number of mined leaves, number of eggs, number of parasitized *L. coffeella* larvae and the efficiency of control. The results showed that, increasing the oil concentration in admixture to the spraying liquid, there are reductions in the surface tension value and, consequently, on the contact angle, increasing the wetted area by the droplets. The tracer amount of deposits on the leaves was significantly higher for the volumes with the conventional sprayer, on the other hand, the pneumatic sprayer deposited, significantly, more pesticides on the leaves and in a more homogenous form on the among the height of the plant. The lower volumes provided a gain in operational field capacity. The volume of 200 L.ha⁻¹ was significantly better than the 400 L.ha⁻¹ for controlling *L. coffeella* with the conventional sprayer and the range of 70 to 90 L.ha⁻¹, by means of the ultra low volume sprayer with pneumatic nozzles may be used for this insect control, providing efficiency of the spray, operational gain and reduction of costs and environmental contamination.

Keywords: spraying liquid, efficiency, leaf miner, application technology

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira é a mais competitiva do mundo (CONAB, 2012). Ademais, aportes significativos na qualidade do café produzido, como certificação de origem, métodos de preparo empregados, cultivares apropriadas, têm sido implementados nos últimos anos, levando a um produto com alto valor adicionado e comercializado no mercado internacional e no mercado nacional (CONAB, 2012). Investimentos contínuos por parte de setores institucionais e organizacionais do agronegócio vêm ocorrendo no sentido de melhorar ainda mais a eficiência e qualidade nos diferentes segmentos que compõem a cadeia produtiva do café no Brasil.

Anualmente, para que a produção de grãos de café seja assegurada, em termos qualitativos e quantitativos, é necessário um manejo fitossanitário adequado, que por sua vez faz com que os produtores adquiram produtos e equipamentos, gerando gastos na cadeia produtiva (AGRIANUAL, 2012).

Diante de diversos problemas causados pela ocorrência de insetos nas lavouras de café, destaca-se *Leucoptera coffeella* (Guérin – Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), conhecida como bicho-mineiro-do-cafeeiro, por ser uma praga primária, dependendo exclusivamente dessa cultura para completar seu ciclo (MATIELLO, 2006)

Para que as práticas fitossanitárias sejam realizadas, no sentido de diminuir a ocorrência de *L. coffeella* nas lavouras, é imprescindível que os conceitos de tecnologia de aplicação sejam aplicados e reduções nos custos da atividade sejam alcançadas (MATUO, 1990).

O uso de pontas de pulverização, bem como o de pulverizadores em determinadas configurações, podem se adequar a situações específicas de campo no controle de *L. coffeella*, resultando em reduções no volume de calda necessária para um controle eficiente, produzindo gotas menos suscetíveis à perdas por deriva e ricocheteio, ou por proporcionar um trabalho com velocidade mais elevada.

Quando se pensa em reduzir o volume de aplicação a ser pulverizado, a adição de algum adjuvante à calda pode proporcionar uma maior proteção às gotas, levando à menores perdas das mesmas. Dessa forma, menores volumes de aplicação refletem menos tempo para se tratar uma área e, conseqüentemente, em ganho da capacidade de campo operacional do conjunto trator-pulverizador.

Reduções nos volumes de aplicação trazem consigo a necessidade de se conhecer melhor as caldas fitossanitárias a serem empregadas, uma vez que requerem o manuseio de caldas na forma mais concentrada, tanto do produto fitossanitário quanto do adjuvante em mistura. Não havendo a solubilização dos constituintes da calda, a pulverização fica comprometida, bem como o controle fitossanitário.

Portanto, o uso de uma calda fitossanitária compatível com o volume de aplicação, aliado a um pulverizador que aplica gotas adequadas ao controle de *L. coffeella*, pode possibilitar reduções do volume pulverizado. Isto reduz os custos da operação, diminuindo também a chance de contaminação do operador e do ambiente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO CAFÉ

O café (*Coffea arabica* L.), desde que chegou ao Brasil, em 1727, possui história marcante no desenvolvimento do país, decorrendo-se quase três séculos dessa cultura que passa por diversas regiões brasileiras (MATIELLO et al., 2008).

A cultura deixou a região Norte, no Estado do Pará, por onde foi introduzida, e caminhou rumo à região Sudeste, no Estado do Rio de Janeiro e região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, no período de 1780 a 1920. Posteriormente, atingiu os Estados do Espírito Santo e Paraná, entre 1930-1960. Mais recentemente, a partir da década de 1970, o café passou a ocupar maiores áreas no eixo Minas Gerais - Espírito Santo – Bahia, havendo ainda áreas remanescentes e renovadas em São Paulo, Paraná e em Rondônia (MATIELLO et al., 2006).

Os principais Estados produtores de café arábica no país são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná e Bahia. Em termos gerais, os estados de Minas Gerais e Espírito Santo assumem as maiores produções nacionais de café, respectivamente (AGRIANUAL, 2012).

Na safra 2011/12, o parque cafeeiro no Brasil integrou uma área de 2,15 milhões de ha com a cultura, produzindo um total de 2,34 milhões de toneladas do grão. Perante os demais países produtores de café, o Brasil apresenta-se como o maior produtor e exportador, responsável por 36% da produção mundial, bem a frente do Vietnã, segundo maior, com 14% (AGRIANUAL, 2012).

Atualmente, a cultura diferencia-se na balança comercial brasileira como sendo um dos principais produtos de exportação, destacando-se Alemanha, EUA e Itália como principais importadores, além de contar com um mercado consumidor interno em ascensão, ocupando as primeiras posições perante os demais países (AGRIANUAL, 2012).

Por se tratar de uma cultura que ocupa áreas extensas, está sujeita à ocorrência de diversas espécies de insetos que, a partir de condições ecológicas favoráveis para seu desenvolvimento, intensificadas com a ampliação das fronteiras agrícolas e à devastação de áreas naturais, podem alcançar níveis de infestação

elevados, afetando negativamente a produtividade da cultura em proporções econômicas significativas.

Dentre os insetos que se hospedam e causam danos econômicos nos cafezais, destaca-se o bicho-mineiro-do-cafeeiro (BMC) *Leucoptera coffeella*, sendo considerada a principal praga nas principais regiões produtoras do Brasil (MORAES, 1998).

2.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS E ECOLÓGICOS SOBRE *L. coffeella*

A espécie *Leucoptera coffeella* (Guérin – Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) é monófaga, tendo como hospedeiro somente o cafeeiro (REIS; SOUZA, 1986), e é exótica, com seu centro de origem na Etiópia, continente africano, de onde se espalhou para as demais áreas no mundo em que se produz café (GREEN, 1984; PARRA et al., 1981).

Na fase adulta, esse microlepidóptero apresenta aproximadamente 6,5 mm de envergadura, com coloração geral prateada, apresentando no ápice das asas anteriores uma mancha circular preta de halo amarelado, sendo as asas posteriores franjadas.

As fêmeas realizam a oviposição na parte superior das folhas. Os ovos são de formato achatado, brancos brilhantes com dimensões de 0,30 mm de comprimento e 0,25 mm de largura. Posteriormente à fase de ovo, que dura geralmente de 5 a 21 dias, eclodem as larvas. Uma vez eclodidas dos ovos, as larvas penetram direta e instintivamente as folhas na parte superior e começam a se alimentar do tecido paliçádico, podendo permanecer nessa fase de 9 a 40 dias. Posteriormente, as larvas abandonam as lesões por orifícios na parte inferior das folhas e descem, preferencialmente, para as folhas do terço inferior do cafeeiro, local conhecido por “saia” da planta para iniciar sua fase de crisálida, permanecendo por 4 a 26 dias, para depois emergir o adulto.

O ciclo evolutivo varia de 19 a 87 dias, conforme as condições climáticas, principalmente temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, podendo promover até 8 gerações ao ano (SOUZA et al., 1998; PEREIRA et al., 2002).

Segundo Amaral (1953), regiões com alta intensidade de ventos são consideravelmente mais propícias à presença de *L. coffeella*.

Na Guatemala, Campos et al. (1989), observaram que as maiores infestações de *L. coffeella* foram favorecidas por um período seco e por baixas populações de parasitóides, ao passo que o inverso ocorreu em função das chuvas e de elevados níveis populacionais de parasitóides. Ainda, nesse mesmo país, Campbell et al. (1967), notificaram danos mais severos durante a estação de seca e nas lavouras localizadas em baixas altitudes. Já em Cuba, evidenciou-se redução na população desse inseto correspondendo ao período de menores precipitações pluviais.

Em estudo avaliando a infestação do inseto na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, constatou-se que a época de maior infestação de *L. coffeella* ocorreu durante o período seco do ano, de março a maio, apresentando infestações baixas durante a época chuvosa do ano (AVILÉS, 1991).

2.2.1. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DE *L. coffeella*

As primeiras referências ao inseto como praga do cafeeiro no Brasil datam de 1860, época em que aumentos populacionais foram observados em cafezais da província do Rio de Janeiro.

O problema causado pela associação desse microlepidóptero com a cultura do café mostra-se maior a partir de 1970, com a introdução do fungo *Hemileia vastatrix* (Berk. & Broome, 1869) no Brasil, agente causal da ferrugem alaranjada do cafeeiro, principalmente em razão da adoção de uma substancial modificação no sistema de cultivo. Essas mudanças resultaram em espaçamentos maiores e, por consequência, lavouras mais arejadas, visando à mecanização para o controle químico da ferrugem. Além disso, o uso indiscriminado de produtos fitossanitários proporcionou um intenso desequilíbrio na população de inimigos naturais de *L. coffeella*, favorecendo a sua proliferação (TAUNAY, 1943; PARRA, 1975).

Em decorrência à alimentação de *L. coffeella*, a epiderme e os tecidos da folha no local de ocorrência ficam necrosados e a epiderme superior dessas áreas lesionadas destaca-se facilmente, o que ajuda a caracterizar a presença do inseto. Os danos causados nas folhas resultam na diminuição da área foliar, queda de

folhas e conseqüentemente, diminuição da fotossíntese, resultando em queda de produtividade (SOUZA et al., 1998).

A presença de uma lesão na folha é suficiente para que sua senescência seja antecipada em 34 ± 4 dias, comprometendo toda a área da folha. Constatou-se também que 82% das folhas com lesão caem antecipadamente, comparando-se com aquelas sem qualquer lesão no limbo foliar (GRAVENA, 1983).

A época do ano em que a presença de *L. coffeella* ocorre é de fundamental importância em relação às quedas na produção dos cafezais. Se ocorrer uma elevada queda foliar até o mês de julho, não há a formação de botões florais normais e não há frutificação. Contudo, se a ocorrência do problema for evidenciada entre agosto e outubro, haverá também a baixa formação de botões florais normais, com diminuição do pegamento dos frutos (SOUZA et al., 1998).

Conforme Toledo Filho (1982), em virtude de altas ocorrências de *L. coffeella*, cerca de 61% de folhas lesionadas desprendem-se das plantas e, independentemente do tamanho da lesão, a sua atividade fotossintética fica reduzida a 50%.

Os prejuízos decorrentes da presença de *L. coffeella* no cafezal atingem até 80% na produção dos frutos em regiões de temperatura e déficit hídrico elevados, condições que propiciam altas populações do inseto (REIS; SOUZA, 2002).

Em simulação aos danos provocados pela presença de *L. coffeella*, Parra e Nakano (1976) constataram que, ocorridas reduções de 25, 50 e 75% da área foliar das plantas no mês de julho, as respectivas reduções na produção eram de 9,14, 23,53 e 87,24%. Embora, quando o mesmo processo de simulação aconteceu no mês de outubro, durante a fase construtiva da planta, para os mesmos níveis de redução foliar, as perdas na produção foram respectivamente de 39,22, 42,87 e 46,27%.

Como as infestações de *L. coffeella* são influenciadas pelas condições ambientais, deve-se conhecer muito bem o clima da região de cultivo para que o controle químico possa ser efetuado da maneira mais eficiente possível. Atualmente, o controle químico é realizado com aplicações de inseticidas sistêmicos granulados via solo e/ou inseticidas em pulverização (MATIELLO, 2006).

2.2.2. CONTROLE DE *L. coffeella*

Nas regiões do sul de Minas Gerais, Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Alta Mogiana, a ocorrência de *L. coffeella* intensifica-se a partir de março e vai até agosto. O nível de controle ocorre quando o nível de folhas minadas está entre 15 e 20% para regiões menos problemáticas e mais frias, como o sul de Minas Gerais, e entre 5 a 10% para as localidades mais quentes como o Triângulo Mineiro. Devem ser feitos levantamentos populacionais quinzenalmente, a fim de se determinar o momento de controle (MATIELLO et al., 2006).

O controle químico mantém-se como método mais utilizado para a redução populacional de *L. coffeella*, representando cerca de 10% dos custos de produção, variando com o tipo de manejo, a produtividade da cultura e os preços do café (AGRIANUAL, 2012).

Existem hoje no mercado vários ingredientes ativos registrados para *L. coffeella* na cultura do café, pertencentes aos grupos dos organofosforados, piretróides, carbamatos, fisiológicos e a abamectina. São também usadas algumas formulações com mais de um grupo, como: piretróide + fosforado, fosforado + piretróide + carbamato, e outros (MATIELLO et al., 2006).

Uma vez que *L. coffeella* manifesta picos populacionais nas épocas mais quentes e secas do ano, existe um desafio extra para as aplicações que podem ocorrer em períodos de baixa umidade, favorecendo a evaporação das gotas pulverizadas e requerendo cuidados para que não haja perdas e contaminação do ambiente (MATUO, 1990; AVILÉS, 1991).

Devido aos impactos do tratamento fitossanitário na cultura do café relacionado aos custos, à qualidade dos grãos, ao ambiente e à saúde do trabalhador, são necessários estudos para minimizar estes impactos e maximizar a eficiência da aplicação e do melhor equipamento a ser utilizado durante a operação (MATUO, 1990).

2.3. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Os produtos fitossanitários utilizados nas lavouras de café variam não somente quanto ao ingrediente ativo, mas também quanto à maneira de aplicação requerida, a fim de que os mesmos atuem nas plantas. Há produtos que necessitam serem aplicados na forma líquida, outros na forma sólida, no solo ou diretamente na planta, de modo que a escolha do equipamento de aplicação, com suas respectivas conformações, são imprescindíveis para tais operações (MATIELLO, 2006).

Na cafeicultura, existe uma grande variedade de máquinas aplicadoras que vêm sendo utilizadas para o controle dos diversos problemas fitossanitários em função da ocorrência de insetos, ácaros, patógenos e plantas daninhas. Em sua maioria, as aplicações visando o tratamento fitossanitário são feitas com os produtos na forma líquida. Dessa forma, utilizam-se pulverizadores capazes de formar gotas que carregam o produto fitossanitário até o alvo desejado (FERREIRA, 2006).

A empresa Máquinas Agrícolas Jacto S. A., disponibiliza, entre outros modelos, o Arbus 2.000[®] e o Arbus 2.000 Golden Café[®], ambos com 2.000 L de capacidade, 18 bicos JA-2 e 4 bicos JA- 3, especialmente para a cafeicultura (JACTO, 2012).

A empresa K.O. Máquinas Agrícolas possui três pulverizadores de pequeno porte para a cafeicultura, com capacidades de 500, 700 e 1.000 L, todos com 14 bicos na barra. A empresa também disponibiliza os modelos Cambuhy MG Plus[®], com 26 bicos e tanque com capacidade para 1.500 L; Cambuhy Cerrado Plus[®], com 34 bicos e tanque de 2.000 L, ambos para cafezais de grande porte; e o Speed Jet Cerrado[®], recém inserido no mercado, que vem com três bicos especiais, conseguindo pulverizar toda a copa das árvores.

De maneira geral, os modelos atualmente utilizados nas lavouras de café utilizam volume alto de aplicação para o controle de *Leucoptera coffeella* (JACTO, 2012).

Tachibana (2004), no desenvolvimento de um novo modelo de pulverizador denominado de “ar convergente”, em comparação com um modelo convencional, para ser utilizado em plantas de citros, verificou que o modelo convencional resultou em excesso de calda nas regiões mais expostas das plantas. Esse mesmo

equipamento promoveu cobertura deficiente das plantas de citros quando se utilizou um volume de aplicação de 2.000 L.ha⁻¹, em geral com menos calda no interior da copa e no alinhamento de plantio. O modelo desenvolvido, porém, atenuou as diferenças na pulverização nas plantas, com depósitos de calda na planta atingindo 70%, contra menos de 45% verificado para o equipamento convencional.

Conhecer as condições de trabalho, principalmente o desempenho operacional dos equipamentos de pulverização, escolhidos para determinada operação, é prioridade para que se proceda a uma aplicação eficiente (CHRISTOFOLETTI, 1999). Womac et al. (1999), salientam que o tipo de bico, a vazão nominal, o ângulo de descarga, a pressão de operação e as características do líquido de aplicação são os fatores que delimitam o espectro da população de gotas.

É comum que, em uma pulverização a campo, algumas áreas das plantas não sejam pulverizadas suficientemente com cobertura de calda. Dessa maneira, os insetos podem selecionar estas áreas para caminhar, alimentar-se e se desenvolver, tendo mínimo ou nenhum contato com os produtos fitossanitários (FERREIRA, 2003) que perdem a sua toxicidade com o passar do tempo (KONNO et al., 2001).

Com o intuito de suprimir a ocorrência dessas falhas, tradicionalmente se utiliza a aplicação com excesso de volume, cuja calda é aplicada além do ponto de escorrimento, em consequência das dificuldades de se cobrir adequadamente as partes das plantas, pela diversidade de plantas e densidade de folhas, ramos e frutos (CAMARGO; SILVA, 1975; MATUO, 1988; PRATES, 1991; FERREIRA, 2003).

No entanto, tem-se buscado reduções do volume de calda aplicado, com o intuito de diminuir os custos e aumentar a eficiência da pulverização, padronizando procedimentos de aplicação, com indicações sobre como deverá estar a cobertura de um alvo após a aplicação do produto fitossanitário (SILVA, 1999; FERREIRA, 2003). Graham-Bryce (1977), num estudo sobre agrotóxicos, notificou que somente entre 0,02% e 30% dos ingredientes ativos aplicados são efetivamente aproveitados, sendo o restante desperdiçado na atividade.

Os fatores edafoclimáticos, juntamente com os que envolvem o processo de aplicação são responsáveis para que haja uma diferença entre a quantidade aplicada que sai do bico de pulverização e a quantidade que consegue atingir o alvo de maneira eficaz (CHAIM et al., 1999).

Para inseticidas, recomendam-se gotas com diâmetro de 50 a 200 μm , resultando em 50 a 70 gotas por cm^2 (MATTHEWS, 1992). Em condições meteorológicas ideais, gotas de pequeno diâmetro são as que conseguem promover maior depósito sobre o alvo. Porém, com esta classe de gotas, eleva-se o risco de contaminação ambiental por deriva em condições adversas, como temperatura elevada, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento (CROSS et al., 2001). Por outro lado, pulverizando-se gotas de diâmetro maior, diminui o risco de deriva, todavia, devido ao seu peso, elas podem não aderir às superfícies das folhas e se depositarem no solo, elevando-se as possibilidades de desperdício (TEIXEIRA, 1997; FERREIRA, 2006).

Fazer uso de menores volumes de calda aumenta consideravelmente a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, além de reduzir os riscos de contaminação do ambiente, pois minimiza o escoamento. Com esse ganho em capacidade operacional, pode-se trabalhar áreas maiores em condições meteorológicas mais adequadas (CHRISTOFOLETTI, 1999). Essa redução, no entanto, vem atrelada à necessidade de aprimoramento da tecnologia de aplicação, no sentido de produzir gotas menores que proporcionam adequada cobertura do alvo (MATUO, 1990).

Conforme a tecnologia a ser empregada, pode-se reduzir o volume de aplicação não havendo relação deste com a eficácia de um inseticida (MOUNT et al., 1968), por exemplo, em uma aplicação a volume ultra baixo, usando-se os produtos de alta concentração indicados, pode-se obter resultado igual ou superior quando comparado a uma aplicação a volume alto. Portanto, em função do pulverizador e da tecnologia de produção de gotas utilizados, há um limite para o volume de aplicação, acima do qual, não há influência do mesmo no controle de um determinado alvo. Dessa forma, o que promove eficácia é a quantidade do ingrediente ativo, visto que ingredientes inertes tais como água ou óleo diluente não têm ação biológica sobre o alvo, trazendo somente custos adicionais e inconveniências no momento da aplicação (MOUNT, 1998).

Em toda a pulverização, é imprescindível a correta escolha da ponta de pulverização que produzirá as gotas que carregarão o produto fitossanitário ao alvo, valendo ressaltar que o termo ponta de pulverização refere-se a um dos itens que

constituem o bico de pulverização. sendo eles a capa, o filtro, em alguns casos, o anel de vedação e a ponta, propriamente dita (MATUO, 1990).

Fernandes et al. (2010), comparando ramais e volumes de aplicação no controle do ácaro-da-mancha-anular em plantas de café, concluíram que os volumes não se mostraram diferentes e que houve maior eficiência no controle com o ramal duplicado (pontas JA⁻¹) em relação ao ramal convencional (pontas JA-2), sendo esses bicos escolhidos por produzirem gotas classificadas como finas a muito finas, para atingirem todas as partes da planta, por onde se distribuem os ácaros.

A pulverização a volume baixo (BV) e volume ultra baixo (UBV) deve gerar gotas finas para proporcionar uma maior cobertura de uma determinada superfície. Pontas de pulverização de jato plano são utilizadas e recomendadas para operar entre 280 e 420 kPa de pressão em condições a gerar gotas médias e finas capazes de penetrar na cultura do café. Bicos pneumáticos e rotativos são usados em aplicação UBV e BV, sendo estes últimos capazes de propiciar maior uniformidade de gotas (MATTHEWS, 1992).

A utilização de bicos pneumáticos, que utilizam energia gasosa, é recomendada em uma aplicação a volume ultra baixo por gerar gotas de tamanho mais uniforme, sendo este relacionado primariamente com a pressão de ar no bico, e secundariamente pela vazão do produto fitossanitário (MOUNT, 1998). Hede et al. (2008), resume como sendo os principais parâmetros que controlam o tamanho de gotas em bicos pneumáticos de dois fluídos: a relação entre a taxa de fluxo de ar-líquido; a pressão e a velocidade do ar ou gás em m/s, no bico; o tipo do bico e as dimensões do orifício; as propriedades do líquido, como tensão superficial, densidade e viscosidade, sendo esta última, a que desempenha o papel mais importante.

A principal vantagem dos pulverizadores de baixo volume é o rendimento de trabalho e tempo devido à diminuição da água. No entanto, há um maior risco para o aplicador na manipulação e pulverização do produto fitossanitário concentrado (MATUO, 1999).

Cada vez mais, procura-se seguir criteriosamente a utilização correta dos produtos fitossanitários, pois o uso incorreto desses produtos traz consigo problemas de naturezas sanitárias, ecológicas e econômicas, descritos pela má

colocação do produto no alvo, aumentando assim a frequência e quantidade de aplicações (MATUO, 1987).

2.3.1. APLICAÇÃO A VOLUME ULTRA BAIXO: HISTÓRICO E CONCEITOS

Os primeiros esforços para o surgimento de aplicações fitossanitárias a volume reduzido ocorreram no início da década de 1950, quando houve a necessidade de controle de gafanhotos do deserto (*Schistocerca gregaria*) (Forsskål, 1775) (Orthoptera: Acrididae) na Etiópia, Leste da África. Este inseto movia-se por grandes distâncias e conseguia migrar de áreas pulverizadas não ocorrendo sua morte e permanecendo os danos nas culturas devido às infestações. Uma vez obsoleta a técnica convencionalmente utilizada na época, houve a necessidade de pulverizar extensas áreas, usando-se um volume reduzido de calda, produzindo uma espécie de névoa capaz de ser levada pelo vento, aumentando a faixa de atuação do produto fitossanitário dentro da área com a cultura. Dessa forma, conseguia-se obter sucesso no controle do inseto (MAAS, 1971).

Logo após a segunda guerra mundial, experimentos foram conduzidos pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e pela Companhia América Cyanamid (produtora do inseticida Malathion), utilizando volumes reduzidos, tornando essa técnica operacional em 1963. Na década de 1970, o conceito de “Gota de Ótima Eficiência Biológica” foi introduzido por cientistas ingleses que criaram a técnica de pulverização a Volume Ultra Baixo (UBV), baseada na produção de neblinas formadas por gotas de tamanho reduzido e controlado, com espectro bem homogêneo, a partir de atomizadores de disco rotativo. Levavam-se em consideração fatores imprescindíveis a essa prática tais como condições climáticas, biologia e morfologia do inseto alvo, pilosidade das superfícies foliares, entre outros, relacionando-os com o tamanho de gotas produzidas (MAAS, 1971).

A classificação atual propõe que uma aplicação a volume ultra baixo são aquelas que aplicam somente o volume necessário por área para que haja um controle fitossanitário satisfatório (MATTHEWS, 1979).

Embora favorecidas por um conceito ótimo no controle de pragas, as aplicações UBV traziam problemas intrínsecos que desencorajavam a maioria dos aplicadores, levando-os de volta às técnicas convencionais de pulverização (MAAS, 1971). O mesmo autor explica que esses problemas baseavam-se na necessidade de qualificação de mão de obra; necessidade de condições climáticas favoráveis; problemática nas formulações a partir de produtos a base de pós molháveis e solubilização de alguns produtos em altas concentrações; não se adéqua à aplicação de herbicidas em pré-emergência, entre outros. As pesquisas atuais esbarram em dois outros problemas ainda maiores relacionados à falta de formulações especiais, não disponíveis para comercialização, e à falta de interesse por parte das grandes empresas fabricantes de produtos fitossanitários.

A década de 80 trouxe inovações para a técnica de UBV com a utilização de óleos vegetais adicionados com solventes e emulsificantes, atuando como veículo dos diversos produtos fitossanitários (MONTEIRO, 2006). Uma vez modificados devido à mistura com adjuvantes especiais, os óleos melhoraram sua solubilização a campo, viabilizando aplicações a volumes baixos diminuindo o problema de evaporação de gotas (MONTEIRO, 2006).

As possibilidades do manejo fitossanitário por meio de pulverizações a volume baixo e ultra baixo ocorrem em áreas em que há falta de água, havendo necessidade de transportá-la por longas distâncias até a área a ser tratada. Formulações de pronto uso ou caldas concentradas excluem a necessidade de quantidades grandes de água como veículo. Em áreas de difícil acesso, o transporte de grandes quantidades de calda por entre a lavoura fica impraticável, como por exemplo, o caso de videiras, bem como em estufas, as aplicações a volumes baixo e ultra baixo aparecem como as alternativas mais viáveis para a atividade (MAAS, 1971), por possibilitar um ganho operacional do pulverizador, tratando-se mais área por unidade de tempo.

Conhecendo-se as possibilidades em se utilizar volumes reduzidos de calda, devemos conhecer a dinâmica de produção de gotas. O segredo de pulverizações a volumes reduzidos está na produção de gotas de tamanho muito pequeno, inferiores a 90 μm . Segundo a fórmula matemática do volume de uma esfera, considerando nesse formato as gotas pulverizadas, se diminuíssemos o tamanho de uma gota de

200 para 100 μm , estaríamos reduzindo oito vezes o volume líquido carregado pela gota. Quando gotas grandes são produzidas em uma aplicação, a cobertura fica comprometida em função da coalescência das gotas e do fenômeno run-off. Caso não haja uso de algum adjuvante capaz de aumentar a molhabilidade, diminuindo a tensão superficial das gotas, de modo a possibilitar um menor volume de aplicação, haverá desperdício eminente de calda devido à concentração destas gotas em pontuações separadas da superfície tratada (MAAS, 1971; FERREIRA, 2006).

A produção de gotas pequenas proporciona uma melhor distribuição do produto sobre o alvo, aumentando as chances de sucesso quando se trata de produtos fitossanitários de contato para controle de doenças e insetos-praga pouco móveis (ANTUNIASSI, 2005).

O princípio da tecnologia que envolve aplicação de gotas controladas (CDA) foi descrito por Bals (1976), que também evidenciou como discos rotativos poderiam formar gotas por de tamanho uniforme a volumes baixo ou ultra baixo. A deposição de gotas e a taxa de retenção atingem até 90% para gotas de diâmetro entre 80 e 100 μL (BALS, 1984). Mesmo considerando a alta eficiência desse sistema, 10% do volume é perdido, de modo que as dosagens recomendadas devem considerar essa ineficiência. Ocorrem perdas de 70 a 90% para pulverizadores com assistência de ar, usando-se 2000 a 8000 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (CAMPBELL, 1985). A taxa de retenção de gotas cai vertiginosamente de 90 a 20% em tamanho de gotas de 20 a 300 μm .

Se as gotas estão sendo produzidas sob um espectro de tamanho pequeno, usando-se UBV, e mesmo assim a cobertura do alvo não está boa, não se recomenda diminuir ainda mais o tamanho de gotas além do limite. Porém, considera-se prudente aumentar a vazão dos bocais, aumentando o número de gotas por área, refletindo em um maior volume de aplicação até o ponto em que a cobertura se mostre dentro do exigido para um eficaz controle fitossanitário (MAAS, 1971).

A tendência de se utilizar volumes reduzidos era predominante no passado. Porém, os produtores adotaram, com o passar do tempo, as técnicas que preconizam volumes altos. A tendência mostra, através de pesquisas, que é possível reduzir os volumes de aplicação sem muito esforço, somente conhecendo-se melhor

o equipamento utilizado, as condições climáticas, o comportamento da praga e da cultura a ser pulverizada (WISE, 2010; MIRANDA, 2012).

3. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL, Anuário da agricultura brasileira. 16. ed. São Paulo: AgraFNPConsultoria & Agroinformativos, 2012. p. 199-210.

AVILÉS, D. P. **Avaliação das populações do bicho-mineiro do cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) e de seus parasitóides e predadores: metodologias de estudo e flutuação estacional.** 1991. 127 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

AMARAL, S. F. Considerações sobre o bicho-mineiro e sua importância econômica. **O Biológico**, São Paulo, v. 19, n. 5, p. 85-92, 1953.

ANTUNIASSI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação de defensivos. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador, 2005. p. 1-6.

BALS, E. J. The reasons for the development of the controlled droplet application (C.D.A). Concepts and thoughts on the application of its principles. **Mededelingen Faculteit Land-bouwwetenschappen**, Rijksuniversiteit, n. 41, p. 1289–1300, 1976.

CAMARGO, P. N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar.** São Paulo: La Libreria, 1975, p. 217-251.

CAMPBELL, J. M.; RODRIGUEZ, J. G.; EVELEENS, K. G. Field studies of insecticides for control of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Turrialba**, San José, v. 17, n. 2, p. 165-171, 1967.

CAMPBELL, M. M. Spray application to orchards and nurseries. In: Australian Institute of Agricultural Science, 1985, Hobart, **Spray application seminar...** Hobart: University Centre, 1985, p. 24-30.

CAMPOS, O. G.; DECAZY, B.; CARRILHO, E. Dinâmica poblacional Del minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeella* y sus enemigos naturales em la zona de Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala. **Turrialba**, San José, v. 39, n. 3, p. 393-399, 1989.

CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle.** São Paulo: TeeJet South América, 1999. 15p. (Boletim Técnico BT - 04/99).

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2012. Primeira estimativa Café - Safra/2013. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acessado em Dezembro de 2012.

CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses indifferent sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, Guilford, v. 20, n. 2, p. 333-343, 2001.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 130-135, 2010.

FERREIRA, M. C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros**. 2003. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. (Orgs.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. 1 ed. Piracicaba, SP: Prol Editora Gráfica, 2006. cap. 17, p. 293-303.

GRAHAM-BRYCE, I. J. Crop-protection: a consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and scopes for improvement. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B**, London, v. 281, n. 980, p. 163-179, 1977.

GRAVENA, S. Táticas de manejo integrado do bicho-mineiro do cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842): - Dinâmica populacional e inimigos naturais. In: Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 12., 1983, Londrina, **Anais...** Londrina, 1983, p. 61-71.

GREEN, D. S. A. Proposed origino f the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Buletin of the Entomological Society of America**, Madison, v. 30, n. 1, p. 30-31, 1984.

HEDE, P. D.; BACH, P.; JENSEN, A. D. Two fluid spray atomization and pneumatic nozzles for fluid bed coating/agglomeration purposes: A review. **Chemical Engineering Science**, Bagsvaerd, v. 63, n. 14, p. 3821-3842, 2008.

JACTO, 2012. Disponível em: <www.jacto.com.br>. Acessado em dezembro de 2012.

KONNO, R. H.; FRANCO, C. R.; OMOTO, C. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestânicos em citros. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 703-709, 2001.

MAAS, W. **ULV application and formulation techniques**. Netherlands: Philips's Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, 1971. 164p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Adubos, corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira**: Indicações de uso. Varginha: MAPA/Fundação PROCAFÉ & EMBRAPA/Café, 2006. 89p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Adubação racional na lavoura cafeeira**, Ed. MAPA/Fund. Procafé, 2008. p. 3.

MATTHEWS, G. A. 1979. **Pesticide Application Methods**. Longman Group Limited 1979, Longman Inc., New York. ISBN 0-582-46054-9

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2. ed. London: Longman, 1992. 405p.

MATUO, T. et al. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1987. 199p.

MATUO, T. **Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros**. 1988. 167 f. Tese (Livre docente) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1988.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.

MATUO, T. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 120p.

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; SILVA, V. C.; CUNHA, M. D. Q.; CARVALHO, R. H.; PINHEIRO, J. M.; GONÇALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; ARAÚJO, D. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, 2012.

MONTEIRO, M. V. M. de. **Compêndio de aviação agrícola**. Gráfica e Editora Cidade: Sorocaba-SP, 2006. 298p.

MORAES, J. C. **Pragas do cafeeiro: importância e métodos alternativos de controle**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 45p.

MOUNT, G. A.; LOFGREN, C. S.; PIERCE, N. W.; HUSMAN, C. N. Ultralow volume nonthermal aerosols of malathion and naled for adult mosquito control. **Mosquito News**, Aliso Viejo, v. 28, n. 1, p. 99-103, 1968.

MOUNT G. A. A critical review of ultra-low volume aerosols of insecticide applied with vehicle-mounted generators for adult mosquito control. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Florida, v. 14, n. 3, p. 305-334, 1998.

PARRA, J. R. P. **Bioecologia de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em condições de campo**. Piracicaba, 1975, 114p. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiróz”, USP, Piracicaba, 1975.

PARRA, J. R. P.; NAKANO, O. Determinação do nível de dano econômico de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1976. p.1.

PARRA, J. R. P.; GONÇALVES, W.; PRECETTI, A. A. C. M. Flutuação populacional de parasitos e predadores de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em três localidades do Estado de São Paulo. **Turrialba**, San José, v. 4, p. 357-364, 1981.

PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; FERNANDES, F. L.; CRESPO, A. L. B.; ROSADO, J. F. Controle natural do bicho-mineiro do cafeeiro no início do período seco. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2002, Porto Seguro. **Resumos...** Brasília, 2002, p. 330.

PRATES, H. S. Controle fitossanitário dos pomares cítricos: recomendações práticas. In: RODRIGUEZ, O. (Ed.) et. al. **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 2, p. 824-851.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Pragas do Cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do Cafeeiro**: Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1986. 447p.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Controle do bicho-mineiro. **Cultivar**, Pelotas, v. 4, n. 39, p. 30-33, 2002.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M. G.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C. (Eds.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

SOUZA, J. C.; REIS P. R.; RIGITANO, R L. **O bicho mineiro do cafeeiro: biologia, danos e manejo integrado**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1998. 48p. (Boletim Técnico, 54).

TACHIBANA, A. **Desenvolvimento e avaliação de sistemas de aplicação de defensivos para a citricultura.** 2004. 112 f. Tese (Doutoramento) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

TAUNAY, A. E. **História do café do Brasil. No Brasil Imperial. 1822-1872.** Rio de Janeiro. Departamento Nacional do café, 1943, v.5.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia Del volumen de caldo y de La uniformidad de distribución transversal sobre La eficacia de La pulverización hidráulica.** 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TOLEDO FILHO, J. A. de. A ocorrência do bicho-mineiro. **Correio Agrícola**, São Paulo, n. 1, p. 389-390, 1982.

WISE, J. C.; JENKINS, P. E.; SCHILDER, A. M. C.; VANDERVOORT, C.; ISAACS, R. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, v. 29, p. 378-385, 2010.

WOMAC, A. R.; MAYNARD, R. A.; KIRK, I. W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASABE**, Michigan, v. 42, n. 3, p. 609-616, 1999.

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DA CALDA OLEOSA E DO CONTATO DE GOTAS COM A SUPERFÍCIE DE FOLHAS DE CAFÉ E SUPERFÍCIE DE VIDRO.

RESUMO - As características físicas de uma calda de pulverização são importantes para que haja uma boa formação de gotas e eficiência de controle sobre um determinado alvo, fazendo-se necessária a ocorrência de um bom espalhamento e aderência na superfície. Uma vez determinadas algumas dessas características, pode-se decidir sobre qual o melhor adjuvante, em sua respectiva concentração, poderá ser utilizado no intuito de fornecer estratégias viáveis à pulverização com reduções no volume de pulverização. Para tanto, no laboratório do Núcleo de Ensino e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação – NEDTA, pertencente ao Departamento de Fitossanidade do campus da UNESP de Jaboticabal, foram preparadas dez caldas fitossanitárias em que se variou as concentrações do inseticida lufenuron + profenofós, óleo mineral, água e sulfato de manganês. Uma solução controle composta somente por água foi utilizada para comparações. Gotas pendentes formadas a partir dessas misturas foram medidas em sua tensão superficial. Aplicou-se gotas sobre a superfície de folhas de café e foram medidos a tensão superficial, o ângulo de contato formado e a área da folha molhada pela gota. Uma superfície lisa de vidro foi tomada como comparativo em que se mediu igualmente o ângulo de contato e a área molhada. O delineamento foi inteiramente casualizado com onze tratamentos e 5 repetições para todas as análises e os resultados comparados pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade. O experimento mostrou que as maiores concentrações de óleo resultaram em menores valores de tensão superficial. As maiores concentrações de óleo proporcionaram menores ângulos de contato de gotas com a superfície foliar e maiores áreas molhadas pelas gotas. Ambas as superfícies se mostraram hidrofílicas, proporcionando o espalhamento das gotas.

Palavras chave: tensão superficial, ângulo de contato, área molhada, óleo

CHAPTER 2. CHARACTERISTICS OF OILY SPRAYING LIQUIDS AND DROPLETS CONTACT WITH COFFEE LEAVES AND GLASS SURFACE.

ABSTRACT - The physical characteristics of a spray liquid are important in getting a good droplet formation and control efficiency of a particular target, making it necessary the occurrence of a good spreading and adhesion on the surface. Once determined some of these characteristics, it is possible to decide which is the best adjuvant on its respective concentration, may be used in order to provide viable spraying strategies for reductions in the spray volume. Therefore, in the laboratory of the Núcleo de Ensino e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação – NEDTA, Belonging to Plant Protection Department at UNESP Jaboticabal campus, it were prepared ten spraying liquids which varied the concentrations of the pesticide lufenuron+profenofos, mineral oil, water and manganese sulfate. A control solution consisting only by water was used for comparisons. Pendant droplets formed from these mixtures were measured on its surface tension. Droplets were applied on coffee leaves surface and were measured the surface tension, contact angle formed and the leaf area wetted by the droplet. A smooth glass surface was taken as comparative on which it were also measured the contact angle and the wetted area. The experiment had a completely randomized design with eleven treatments and 5 replicates for all analyzes and the results were compared by multiple comparison test of Tukey at 5% probability. The experiment showed that the highest concentrations of oil resulted in lower surface tension. The highest oil concentrations promoted smaller contact angles of drops on the leaf surface and bigger wetted areas by the droplets. Both surfaces have showed a hydrophilic behavior, providing the droplet spreading.

Keywords: surface tension, contact angle, wetted area, oil

1. INTRODUÇÃO

As aplicações fitossanitárias de produtos na forma líquida caracterizam-se pela elaboração de uma mistura entre um diluente ou veículo, produto e, em alguns casos, um adjuvante, para que dessa mistura sejam produzidas gotas através da pulverização. No Brasil, esse veículo utilizado para diluir o produto fitossanitário é representado pela água na grande maioria das aplicações, dada sua fácil disponibilidade e baixo custo. Em alguns casos, como o das aplicações a volume ultra baixo (UBV), o veículo água é reduzido e, em parte, substituído por um adjuvante a base de óleo. Há também situações em que o veículo é composto quase que exclusivamente de óleo, como é o caso das aplicações a baixo volume oleoso (BVO) (MONTEIRO, 2006).

Variar o volume de aplicação reflete em um uso maior ou menor de veículo junto à calda de pulverização. Usando-se um volume reduzido, faz-se necessária a utilização de um adjuvante em mistura, ao passo que volumes altos podem acarretar em problemas intrínsecos ao veículo, como exemplo, a dureza da água (PRADO et al., 2011).

Ao usar a água como veículo, a tensão superficial do líquido ou solução é a principal propriedade em que atuam os tensoativos dos adjuvantes, sendo entendida como a força com que moléculas superficiais tendem a ser atraídas para o centro do corpo desse líquido (IOST, 2008).

Uma vez hidrofóbica (ou lipofílica), a superfície não apresenta afinidade com o volume pulverizado que chega até ela, resumindo-o em gotas com alto ângulo de contato, diminuindo a retenção da calda (XU et al., 2011). Considera-se uma superfície hidrofílica aquela em que as gotas depositadas formam ângulos de contato inferiores a 90° , enquanto que uma superfície hidrofóbica promove ângulos acima de 90° , podendo atingir valores acima de 160° no caso das super hidrofóbicas (TANG et al., 2008).

Matuo (2005), menciona que, aumentando-se o volume de calda pulverizado, obtém-se melhoria na cobertura. Porém, a forma adotada por produtores, a fim de sanar esse problema de baixa cobertura, é aumentar o volume além do ponto de

escorrimento, caracterizando um enorme desperdício de calda que poderia ser evitado através do correto uso de um adjuvante fitossanitário.

Pode-se citar como efeitos positivos do uso de adjuvantes melhorias na molhabilidade de superfícies hidrófobas, como folhas e frutos com cerosidade, corpos ou coberturas cerosas de pragas (XU et al., 2011). A cobertura proporcionada é mais uniforme em função da melhor distribuição do líquido aplicado, sendo muito importante no caso de produtos fitossanitários com ação de contato. Outra vantagem a ser considerada é que, em superfícies pilosas em que os pêlos normalmente mantêm as gotas pulverizadas suspensas, o uso de adjuvantes proporciona o espalhamento das mesmas de modo a atingirem o alvo desejado. Esse efeito também se manifesta facilitando a penetração de calda entre ranhuras diversas, hifas de fungos, teias de ácaros, etc. (KISSMANN, 1998).

O objetivo do presente trabalho foi evidenciar variações nas características físicas de tensão superficial de caldas de pulverização utilizadas, com diferentes concentrações de óleo adjuvante, e a interação das gotas produzidas com a superfície alvo, através do ângulo de contato formado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No laboratório do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação – NEDTA, pertencente ao Departamento de Fitossanidade, do Campus da UNESP de Jaboticabal – SP foram elaboradas dez diferentes caldas fitossanitárias. A composição dessas caldas variou em função da quantidade do inseticida profenofós (50%) + lufenuron (5%) (Curyom[®] 550 CE) (55% i.a. g/L), do óleo mineral Argenfrut[®], de sulfato de manganês (31% de Mn²⁺) e de água (Tabela 1). Uma calda testemunha T11, composta somente por água destilada em aparelho Milli-Q, foi tomada para comparar os resultados.

Tabela 1. Proporção dos constituintes presentes nas caldas fitossanitárias utilizadas nas avaliações do experimento mais a calda testemunha composta por água.

Composição	Caldas fitossanitárias (T1-T10) e testemunha (T11)										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Inseticida (% v/v)	4	2,67	2	0,4	0,2	1,74	1,2	0,87	0,4	0,2	-
Óleo mineral (% v/v)	25	16,7	12,5	2,5	1,25	10	10	10	0,5	0,25	-
Água (% v/v)	70,7	80,3	85,2	96,8	98,2	86,3	86,8	87,1	98,1	98,56	100
MnSO ₄ (g/L)	3	3	3	3	3	20	20	20	10	10	-

Essas diferentes caldas fitossanitárias foram analisadas em suas características físicas quando em contato com as faces adaxiais de superfícies foliares de folhas de café e em contato com superfície de vidro. Foram coletadas folhas de café fisiologicamente ativas com o uso de luvas de procedimento cirúrgico para evitar o contato da oleosidade da pele com as folhas, comparando os dados obtidos com a superfície lisa de vidro.

2.1. FORMA DE AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A avaliação da tensão superficial das caldas utilizadas no experimento, em contato com a superfície de folhas de café e a superfície lisa de vidro, foi realizada através do equipamento Contact Angle System OCA, equipado com câmera CCD de alta velocidade e definição, e o software SCA20, utilizado para a automação do

equipamento e o manuseio das imagens obtidas através de computador de mesa (Figura 1).

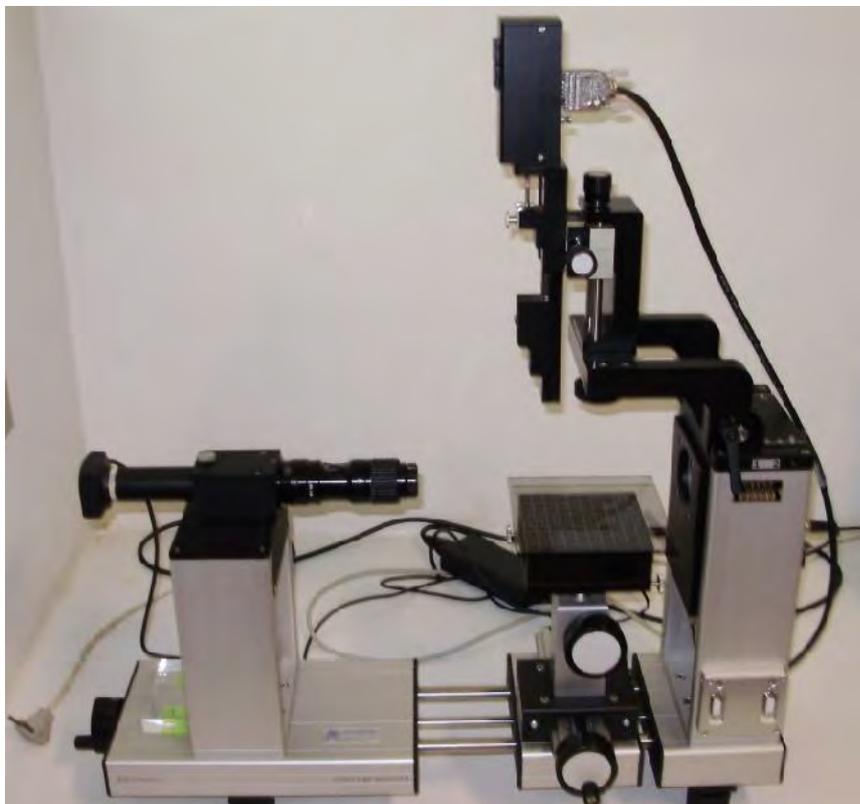


Figura 1. Equipamento tensiômetro Contact Angle System OCA, equipado com câmera CCD. Laboratório do NEDTA, Departamento de Fitossanidade, 2012.

As folhas de café coletadas foram recortadas em retângulos com cerca de 5 cm², sendo fixadas em uma prensa de forma a ficarem com a superfície plana voltada para cima, onde foram depositadas gotas de cada calda. Imagens foram capturadas de segundo em segundo durante 180 s e as variáveis avaliadas foram a tensão superficial dinâmica do líquido em contato com a folha, o ângulo de contato e a área molhada. Na superfície lisa de vidro, as variáveis estudadas foram o ângulo de contato e a área molhada. Na forma de gota pendente, para cada calda foi avaliada a tensão superficial dinâmica.

As aplicações foram feitas por meio de uma seringa Hamilton e para as análises de ângulo de contato e área molhada, foi adotado um volume de 3 µL. Para as gotas pendentes sob análise de tensão superficial, foi usado um volume de 4 µL. Esses volumes foram convencionados no experimento para haver uma adequação

da imagem das gotas formadas à câmera do software, não influenciando nas características das caldas. Para todas as variáveis foram usadas as informações do valor médio de 180s, valor aos 5s e aos 180s.

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As análises seguiram um delineamento experimental Fatorial $11 \times 2 \times 3$ inteiramente casualizado, representando 11 caldas, em duas superfícies e três momentos distintos, com cinco repetições. As médias das variáveis tensão superficial, ângulo de contato e área molhada foram submetidas à análise de variância e as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 5% com auxílio do software Statistica versão 7. Foi obtida também valores de correlação entre as variáveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. TENSÃO SUPERFICIAL

Gotas pendentes das dez diferentes caldas fitossanitárias mostraram-se distintas em comparação ao tratamento controle, de modo que as tensões superficiais foram bem menores, significativamente, em relação à água e mostrando os menores valores com as maiores concentrações de óleo mineral em mistura, tomando-se por base a média de 180 leituras durante 3 minutos (Tabela 2).

Essa redução da tensão superficial ocorreu em virtude da presença do adjuvante óleo mineral que baseia-se em moléculas com sítio de ligação apolar (hidrofóbica) e polar (hidrofílica), concomitantemente (SILVA et al., 2003). O mesmo autor explica que, uma vez em contato com a água, há a formação de arranjos por parte das moléculas de adjuvante, ficando a parte polar desses arranjos voltada para as moléculas de água, enquanto a parte apolar para a interface de outras moléculas. Dessa forma, ocorre uma ligação entre as moléculas quimicamente distintas, ficando a solução homogênea. Esta disposição das fases polar e apolar constitui-se nas chamadas micelas, as quais se formam unicamente sob uma concentração mínima dessas moléculas, denominada de Concentração Micelar Crítica (CMC).

É intrínseco a cada formulação de adjuvante um valor de CMC, podendo ser determinado medindo-se a tensão superficial do mesmo em mistura com aumentos em sua concentração. Dessa forma, encontra-se o CMC quando não houver diminuições no valor da tensão superficial da solução devido a aumentos na concentração do adjuvante em mistura (IOST, 2008).

Pode-se atribuir parte da redução no valor de tensão superficial das caldas à atuação dos ingredientes inertes presentes no inseticida pois estes não são informados por parte das empresas fabricantes e manifestam-se na forma de solventes, surfatantes ou de preservativos, entre muitas outras funções (U.S. EPA 2002, 2005). Uma vez acompanhado do ingrediente ativo, o ingrediente inerte desempenha um papel adjuvante quando em mistura com algum veículo durante a elaboração da calda fitossanitária, comumente fazendo com que haja redução do valor de tensão superficial dessa mistura.

A água utilizada no experimento, nas condições de temperatura e umidade relativa do ar no decorrer das análises, demonstrou um valor médio de tensão superficial de $76,39 \text{ mN.m}^{-1}$, bem próximo do valor de $72,74 \text{ mN.m}^{-1}$ para água pura, a 20°C . Entre os tratamentos que utilizaram calda fitossanitária, aqueles com maior quantidade de água em mistura diferenciaram-se dos demais por apresentarem maiores valores de tensão superficial (Tabela 2 e APÊNDICE I).

Tabela 2. Valores em mN.m^{-1} de tensão superficial de gotas das diferentes caldas nos três diferentes momentos variando-se entre 0 e 180 segundos.

Caldas (% óleo)	Média	5s	180s
T1 (25%)	30,59 defg AB ¹	31,82 e A	29,38 de B
T2 (16,7%)	29,02 g B	30,69 e A	27,99 e B
T3 (12,5%)	32,06 cde A	32,77 de A	31,29 bcd A
T4 (2,5%)	31,82 cdef B	33,95 cd A	30,83 cd B
T5 (1,25%)	32,44 bcd B	38,79 b A	31,01 cd B
T6 (10%)	31,61 cdef A	32,1 de A	31,20 bcd A
T7 (10%)	30,34 efg AB	30,99 e A	29,24 de B
T8 (10%)	29,96 fg AB	31,07 e A	28,59 e B
T9 (0,5%)	33,07 bc B	35,32 c A	32,02 bc B
T10 (0,25%)	34,26 b B	39,36 b A	33,12 b B
T11 (água)	76,39 a A	75,61 a A	76,43 a A
DMS ²	2,08		
DMS ³	1,50		
180s	34,64 c		
M	35,60 b		
5s	37,50 a		
DMS ²	0,55		
CV	2,78		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

Nos 5 primeiros segundos as diferenças estatísticas foram mais discriminantes entre os tratamentos, de modo que, igualmente, o tratamento água se diferenciou dos demais. Os menores valores de tensão superficial foram aqueles com maiores concentrações de óleo em mistura, ao passo que diminuindo-se essa concentração e aumentando a concentração de água, o valor da tensão aumentou significativamente (Tabela 2 e APÊNDICE I). Da mesma forma, aos 180 segundos,

os tratamentos mostraram o mesmo comportamento, perante a variável tensão superficial do líquido em gota pendente.

Comparando-se a tensão superficial dinâmica nos 180 segundos avaliados, há diferenças significativas, de modo que aos 5 primeiros segundos, os valores foram maiores em relação ao valor médio, que por sua vez foi maior que os valores a 180 segundos (Tabela 2 e APÊNDICE I).

3.2. SUPERFÍCIE FOLIAR

3.2.1. ÂNGULO DE CONTATO

O maior ângulo de contato maior ocorreu com o tratamento controle com água. Em seguida, as concentrações de óleo de 0,25, 12,5, 25 e 10% (T6), em ordem decrescente, foram os que mostraram menor ângulo de contato com as folhas, porém sem diferenças significativas entre si (Tabela 3). As menores médias de ângulos de contato foram obtidas nas concentrações de 10 (T8), 10 (T7), 2,5 e 16,7%, não havendo diferença significativa entre si. O valor médio do ângulo de contato de gotas compostas somente por água foi de 73,85°, o que caracteriza folhas de café como sendo hidrofílicas (<90°).

De maneira geral, observa-se uma pequena variação entre o ângulo formado da gota com a superfície da folha nas diferentes concentrações de óleo mais inseticida (APÊNDICE II A). Porém, há um crescente incremento nesse valor a partir de maior volume do veículo água em mistura na calda. Dessa forma, em uma situação de pulverização a campo, em que as gotas formam um alto ângulo de contato, confinando o volume depositado em uma pequena área na superfície da folha, faz necessário o uso de um volume alto para que as folhas das plantas sejam eficientemente recobertas com as gotas. Do contrário, o uso de algum adjuvante em concentração adequada é requerido, fazendo com que o volume das gotas se espalhe mais na superfície das folhas.

Tabela 3. Valor em graus do ângulo de contato de gotas das diferentes caldas aplicadas sobre a face adaxial de folhas de café nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.

Caldas (% óleo)	Média	5s	180s
T1 (25%)	40,94 bc AB ¹	46,01 bc A	38,26 bc B
T2 (16,7%)	30,59 d B	41,54 cd A	25,52 d B
T3 (12,5%)	42,01 bc AB	46,98 bc A	38,80 bc B
T4 (2,5%)	30,19 d B	39,19 cd A	26,31 d B
T5 (1,25%)	32,82 cd B	54,53 b A	26,39 d B
T6 (10%)	36,14 bcd AB	43,07 cd A	33,66 bcd B
T7 (10%)	29,33 d AB	35,50 d A	26,75 d B
T8 (10%)	28,54 d B	37,28 cd A	24,59 d B
T9 (0,5%)	33,30 cd B	45,90 bc A	29,29 cd B
T10 (0,25%)	44,84 b B	55,07 b A	39,52 b B
T11 (água)	73,85 a B	86,92 a A	67,20 a B
DMS ²	9,89		
DMS ³	7,14		
180s	34,21 c		
M	38,43 b		
5s	48,36 a		
DMS ²	2,15		
CV	11,79		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

Em se tratando de limbos foliares hidrofóbicos, o sucesso da pulverização fica comprometido devido aos problemas de gotas que ricocheteiam, dispersam ou escorrem das folhas, logo após entrarem em contato com a folha. Mesmo as gotas que conseguem permanecer sobre a folha formam ângulos de contato muito elevados, ficando a gota confinada a uma pequena área de molhamento, decaindo, portanto, a eficácia da pulverização e induzindo a práticas agrícolas errôneas que utilizam alto volume de aplicação (KOCH; ENSIKAT, 2008; KIRKWOOD, 1999; FERREIRA et al., 2012).

Nos 5 primeiros segundos de aplicação das gotas, houve um maior ângulo de contato para o tratamento com água (86,92°), seguido pelo tratamento menos concentrado em óleo e inseticida. Aos 180 segundos, a leitura do software mostra

valores de ângulo de contato com o mesmo comportamento em relação à média da leitura e aos 5 segundos iniciais (Tabela 3).

Igualmente ao item anterior, explicando sobre a tensão superficial, houve uma discrepância significativa entre os ângulos de contato nos três momentos, de modo que as gotas decorreram a um espalhamento gradual na dinâmica da leitura, alcançando ângulos menores aos 180 segundos, intermediários para a média e maiores nos 5 primeiros segundos (Tabela 3).

Tang et al. (2008), estudando o surfatante SILWET L-77[®], mostraram que sob concentrações crescentes do mesmo, valores de ângulo de contato de gotas depositadas sobre superfície seca e umedecida, mesmo diferentes, diminuíram rápida e consideravelmente nos primeiros segundos, sendo que para a maior concentração, ocorreram os menores ângulos de contato. Ademais, sem o uso do surfatante, formaram-se ângulos de 160 e 75° na superfície seca e molhada, respectivamente.

Em estudo envolvendo uma Microemulsão em mistura com água, Tamhane et al. (2012) encontraram valores de ângulo de contato de gotas com a superfície de folhas hidrofóbicas menores (30,4 a 26,7°) quando dessa mistura em comparação com um alto valor de ângulo de contato formado a partir da água somente (122,3°).

Segundo Zhang et al. (2006), em limbos foliares de plantas de algodão e de plantas de repolho avaliados após a aplicação de gotas de caldas fitossanitária contendo surfactante Trisiloxano, há um declínio rápido no valor do ângulo de contato entre as gotas e a superfície das folhas de ambas as plantas. Esse declínio se dá conforme se aumenta a concentração do adjuvante em mistura, até atingir um ponto de saturação em que não há maiores efeitos com o aumento dessa concentração. O mesmo autor ressalta a importância do Balanço Hidrofílico-Lipofílico do adjuvante, o que determina a melhor concentração do mesmo a fim de proporcionar um bom desempenho quando de uma aplicação fitossanitária.

Visualmente, conforme Figura 2, encontrou-se no presente trabalho um comportamento das gotas formadas similar aos descritos por outros autores, usando outros adjuvantes.

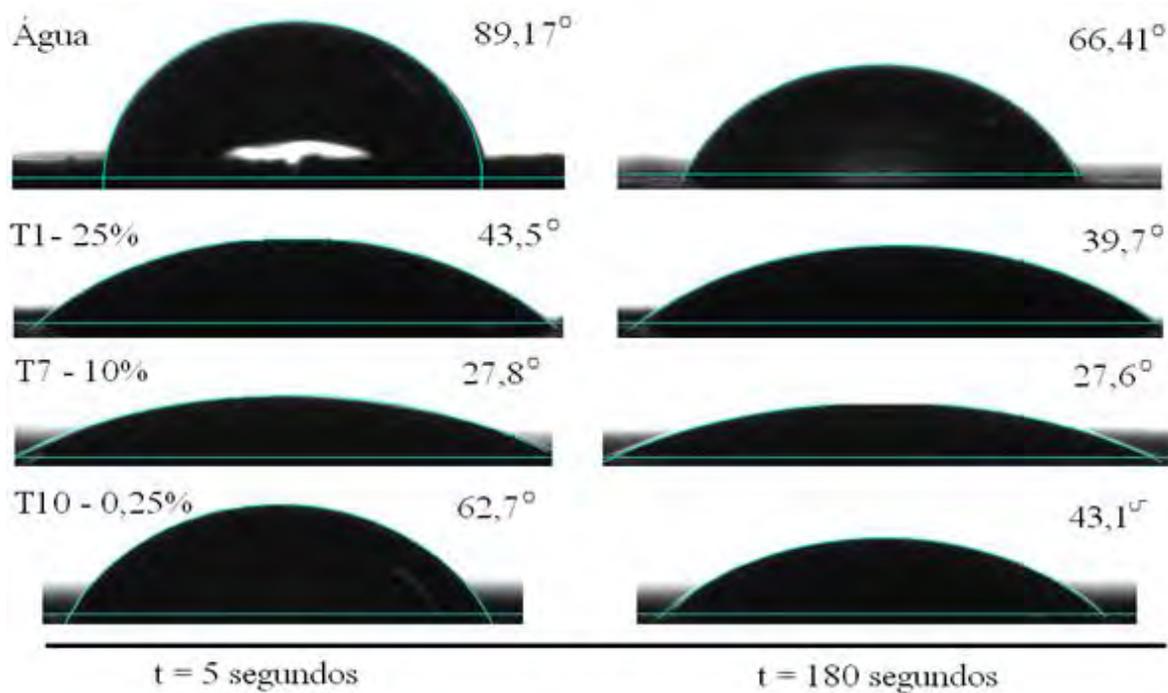


Figura 2. Valor do ângulo de contato de gotas aplicadas sobre a superfície de folhas de café fisiologicamente ativas, a partir quatro caldas com suas respectivas concentrações de adjuvante nos momentos 5 e 180 segundos.

3.2.2. ÁREA MOLHADA

Os valores de área molhada em mm^2 obtidos na superfície de folhas de café, a partir de gotas de cada tratamento aplicadas, não diferiram significativamente (Tabela 4 e APÊNDICE II B). Essa variável está positivamente correlacionada com a variável ângulo de contato, uma vez que quanto menor o ângulo, maior é a respectiva área molhada.

Tabela 4. Valores em mm² da área molhada por gotas das diferentes caldas aplicadas sobre o limbo adaxial de folhas de café nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.

Caldas (% óleo)	Média	5s	180s
T1 (25%)	9,64 a A ¹	8,29 a A	7,87 a A
T2 (16,7%)	10,40 a A	9,43 a A	9,74 a A
T3 (12,5%)	11,58 a A	8,61 a A	11,58 a A
T4 (2,5%)	9,43 a A	9,41 a A	8,74 a A
T5 (1,25%)	10,12 a A	8,96 a A	10,44 a A
T6 (10%)	9,31 a A	8,04 a A	9,66 a A
T7 (10%)	10,42 a A	10,28 a A	10,18 a A
T8 (10%)	11,42 a A	9,40 a A	11,32 a A
T9 (0,5%)	9,14 a A	8,05 a A	9,27 a A
T10 (0,25%)	8,42 a A	7,85 a A	8,49 a A
T11 (água)	7,04 a A	7,25 a A	6,93 a A
DMS ²	5,31		
DMS ³	3,83		
180s	9,47 a		
M	9,48 a		
5s	8,69 a		
DMS ²	1,16		
CV	27,71		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

Igualmente, aos 5 e 180 segundos da análise, não ocorreram diferenças significativas entre as dez caldas mais o tratamento com água, ocorrendo, da mesma forma, esse comportamento para os valores médios, em que maiores volumes de água em mistura nas caldas mantêm maiores ângulos de contato e, conseqüentemente, menor área molhada na superfície foliar (Tabela 4 e APÊNDICE II B). Informações semelhantes foram encontradas por Xu et al. (2011), que em estudo envolvendo quatro adjuvantes sob cinco concentrações, demonstraram que os valores de área molhada para os adjuvantes aumentaram nas maiores concentrações, atingindo um valor máximo em um determinado valor.

A avaliação mostra que na dinâmica da área molhada, considerando os onze tratamentos, não houve diferença significativa entre os valores a 5 e 180 segundos e entre o valor médio. Nas condições de laboratório, mesmo monitorando-se a temperatura e umidade relativa do ar, nos 180 segundos da análise, havia uma parte

do volume da gota aplicado na superfície das folhas que evaporava, de modo que os valores lidos pelo aparelho ficaram subestimados em função do método e o tempo utilizado.

Xu et al. (2011) demonstraram em estudo que a utilização de adjuvantes pode melhorar consideravelmente a homogeneidade da pulverização e, conseqüentemente, aumentar a área molhada na superfície alvo em questão, tornando possível a adoção de menores volumes de calda e acarretando em benefícios econômicos e ambientais. O autor ainda ressalta que, em função das variações morfológicas das superfícies foliares e da mistura utilizada na calda, há também variações no comportamento das gotas depositadas, devendo cada situação ser analisada a fim de uma melhor eficiência da pulverização.

As diferenças encontradas entre as caldas e a água permitem determinar, em uma condição a campo, a quantidade de gotas necessárias para cada calda a fim de que uma superfície foliar seja totalmente recoberta. Dessa forma, quando comparamos a média de área molhada de 1.420 mm², por gotas de água, com a área molhada de 863 mm², pelo tratamento com 12,5% de óleo, seria necessário 40% a menos de gotas para esse último a fim de que uma mesma superfície foliar de café fosse totalmente recoberta. Esse fato procede a uma economia de gotas e, conseqüentemente, em economia de produto fitossanitário e água, além de dirimir contaminações ambientais decorrentes a desperdícios.

A partir de informações referentes Bauer et al. (2008), em que pontas de pulverização JA-2, trabalhando na pressão de 400 kPa, produzem gotas com um Diâmetro Médio Volumétrico (DMV) de 153 µm, ou seja, o diâmetro que separa metade do volume de calda carregado pelas gotas em uma pulverização, pode-se formular comparações com os valores de área molhada desse capítulo.

Se a calda com 12,5% de óleo fosse pulverizada a partir de pontas JA-2, na mesma pressão de 400 kPa e mesmo DMV, poderia ser adotado um volume de aplicação 40% menor, quando comparamos com a pulverização de água, e 27,3% menor para a pulverização com menor concentração de óleo, implicando em ganho operacional e economia na atividade agrícola.

O uso de adjuvantes a base de óleo proporciona a formação de gotas de pulverização de tamanho mais uniforme e com menor risco de deriva, devido à

proteção proporcionada às mesmas (CUNHA et al., 2003; YAMAUTI et al., 2012). Dessa forma, com o uso de um óleo mineral adicionado à calda, pode-se optar por pontas de pulverização capazes de produzir gotas com um DMV menor sem que haja maiores perdas em função das condições climáticas.

Portanto, usando-se a calda com 12,5% de óleo mineral, além da redução de 40% do volume pulverizado, em relação à água, para recobrirmos uma mesma superfície foliar de café, pode-se obter maiores reduções no volume utilizando-se uma ponta de pulverização que produz gotas de tamanho menor, sem reduções na área molhada pelas mesmas.

A análise de correlação entre as variáveis demonstra que a tensão superficial (-0,3975) das caldas tem correlação positiva com a variável ângulo de contato (-0,4245) inferindo que qualquer alteração em uma das duas resultará em um aumento no valor da outra. Essas duas variáveis, no entanto, apresentam correlação negativa com a variável área molhada (0,3238), de modo que um aumento dessa variável provocaria uma diminuição na tensão superficial da calda e no ângulo de contato das gotas na superfície das folhas de café.

3.3. SUPERFÍCIE LISA DE VIDRO

3.3.1. ÂNGULO DE CONTATO

A superfície lisa de vidro, tomada como comparativo com a superfície de folhas de café, mostrou um comportamento dos valores de ângulo de contato indistinto entre as dez caldas e entre o tratamento controle com água, considerando os valores médios durante o tempo de 3 minutos, não houve, portanto, diferenças significativas (Tabela 5 e APÊNDICE III A). Tanto aos 5 quanto aos 180 segundos, houve uma diferenciação significativa para as menores médias de ângulo de contato formados nos tratamentos com 25, 12,5 e 10% (T6) de óleo.

Uma vez formados ângulos com valor de 17,07 e 12,56°, nos 5 e 180 segundos, a partir de água somente, caracteriza-se a superfície como sendo pronunciadamente hidrofílica. Dessa forma, a influência da adição de adjuvantes nas

caldas, não é tão intensa, uma vez que o espalhamento da gota ocorre naturalmente e os ângulos de contato são pequenos.

No momento de 180 segundos, não houve diferença significativa entre as dez caldas e entre o controle. Os valores de ângulo de contato das gotas no vidro mostraram-se inversamente proporcionais ao aumento da concentração do óleo mineral, conforme efeito previsto de diminuição da tensão superficial das gotas (Tabela 5).

Tabela 5. Valor em graus do ângulo de contato de gotas das diferentes caldas aplicadas sobre uma superfície lisa de vidro nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.

Caldas (% óleo)	Média	5s	180s
T1 (25%)	6,11 a A ¹	10,10 cd A	4,55 a A
T2 (16,7%)	10,61 a A	16,06 abcd A	6,93 a A
T3 (12,5%)	5,14 a A	11,81 bcd A	2,79 a A
T4 (2,5%)	19,18 a AB	28,33 a A	13,22 a B
T5 (1,25%)	15,07 a AB	22,73 abcd A	9,48 a B
T6 (10%)	9,35 a AB	18,08 abcd A	5,02 a B
T7 (10%)	6,97 a A	9,57 d A	7,44 a A
T8 (10%)	10,23 a A	16,04 abcd A	7,79 a A
T9 (0,5%)	18,67 a AB	27,32 ab A	12,10 a A
T10 (0,25%)	18,60 a AB	25,84 abc A	13,63 a B
T11 (água)	15,76 a A	17,07 abcd A	12,56 a A
DMS ²	15,87		
DMS ³	11,47		
180s	8,68 c		
M	12,33 b		
5s	18,45 a		
DMS ²	1,51		
CV	58,16		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

A avaliação dinâmica do comportamento da gota mostrou que houve diferença estatística entre os valores de ângulo de contato nos 5 primeiros segundos (18,45°) e o valor médio (12,33°), que por sua vez também diferenciou-se do valor à 180 segundos (8,68°). Uma vez aplicada a gota sobre a superfície hidrofílica de vidro, a força de tensão não consegue manter o formato da gota e, gradativamente,

a força da gravidade vai vencendo a inércia das moléculas e promovendo o espalhamento e diminuição do valor dos ângulos.

É característico de adjuvantes à base de óleo mineral ou vegetal a ação gradativa sobre a diminuição da tensão superficial da calda ao passo que aumentasse a concentração do mesmo. Entretanto, Iost (2008) estudando o comportamento dos surfatantes LI-700, Pronto 3 e UNO, na dose recomendada e no dobro, constatou não haver diminuição significativa do valor de ângulo de contato das gotas em detrimento do tratamento controle com água. Contudo, usando-se os surfatantes siliconados Silwet L-77 e Supersil, o ângulo de contato chegava a zero. Dessa forma, entende-se que, para cada adjuvante, há um valor ótimo de concentração na calda para uma determinada finalidade.

As variações na concentração de óleo mineral em mistura refletiram em modificações visíveis, através de fotos capturadas durante a análise dinâmica do ângulo de contato da gota aplicada nos 5 e 180 segundos (Figura 3).

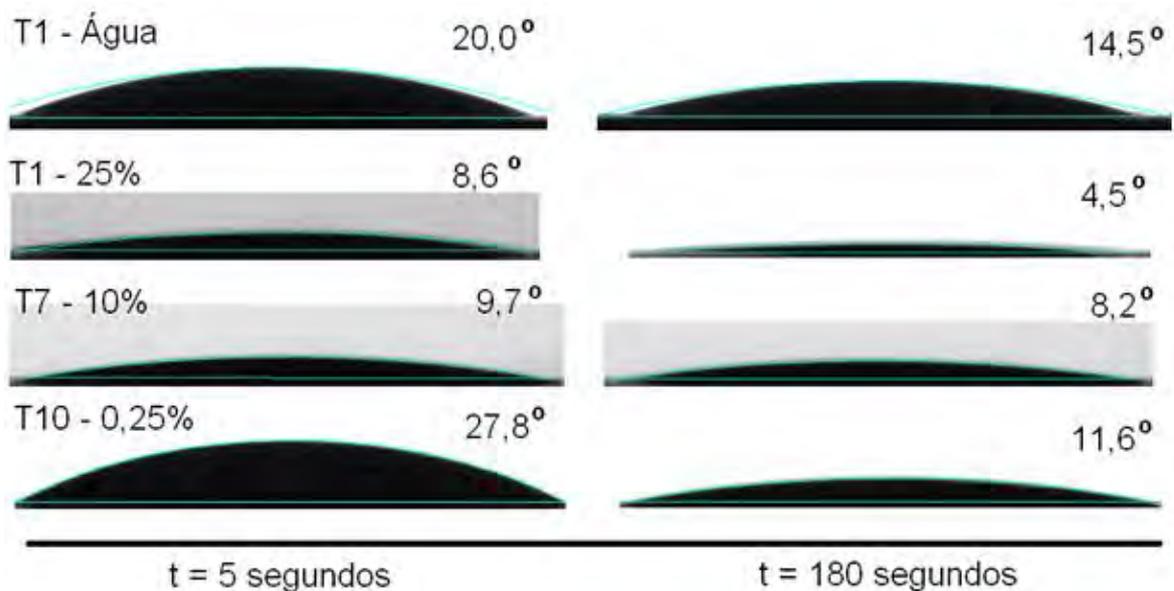


Figura 3. Valor do ângulo de contato de gotas aplicadas sobre a superfície lisa de vidro, a partir de quatro caldas com suas respectivas concentrações de adjuvante nos momentos 5 e 180 segundos.

3.3.2. ÁREA MOLHADA

Os valores de área molhada em mm² obtidos na superfície lisa de vidro, a partir de gotas de cada tratamento aplicadas, não foram significativamente diferentes, considerando o valor médio e aos 5 segundo (Tabela 6 e APÊNDICE III B). Entretanto, os valores encontrados para o tratamento controle à base de água foram os maiores em todos os momentos da análise, mesmo considerando perdas dessa área molhada por evaporação, ao passo que em mistura com óleo, essa evaporação tende a ser menor nas dez caldas. Portanto, considerando a aplicação de gotas sobre uma determinada superfície, o uso de óleo se faz importante no sentido de prolongar o tempo de molhamento da superfície.

A avaliação dinâmica da área molhada, considerando os onze tratamentos, mostra que não houve diferença significativa entre os valores a 5 e 180 segundos e entre o valor médio (Tabela 6 e APÊNDICE III B).

Tabela 6. Valores em mm² da área molhada por gotas das diferentes caldas aplicadas sobre uma superfície lisa de vidro nos três diferentes momentos entre 0 e 180 segundos.

Caldas (% óleo)	Média	5s	180s
T1 (25%)	20,46 a A ¹	17,98 a A	16,53 ab A
T2 (16,7%)	18,89 a A	16,20 a A	19,26 ab A
T3 (12,5%)	18,44 a A	19,19 a A	15,30 ab A
T4 (2,5%)	13,86 a A	11,89 a A	14,40 ab A
T5 (1,25%)	15,75 a A	14,03 a A	16,97 ab A
T6 (10%)	19,20 a A	15,92 a A	20,42 a A
T7 (10%)	17,38 a A	18,04 a A	14,77 ab A
T8 (10%)	18,41 a A	18,36 a A	15,54 ab A
T9 (0,5%)	11,08 a A	9,99 a A	9,65 b A
T10 (0,25%)	13,96 a A	12,92 a A	14,18 ab A
T11 (água)	19,63 a A	19,98 a A	20,19 a A
DMS ²	10,32		
DMS ³	7,46		
180s	16,11 a		
M	17,00 a		
5s	15,86 a		
DMS ²	1,75		
CV	30,47		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

A área molhada de 20,46 mm² encontrada na concentração de 25% de óleo, quando comparada à área de 11,08 mm² encontrada com gotas na concentração de 0,5% de óleo, demonstra que seria necessário 84% a mais de gotas aplicadas na superfície de vidro, com essa última concentração, para que a mesma área fosse recoberta. Usando-se o tratamento com água, seria necessário 4% a mais de gotas em relação à calda com 25% de óleo, para ocorrer uma mesma área molhada em uma superfície lisa de vidro.

Os tratamentos com 0,5 e 0,25% de óleo mostram descritivamente os menores valores de área molhada por apresentarem os maiores volumes de água e menores concentrações de óleo adjuvantes, de modo que perdas por evaporação ocorridas diminuíssem o valor de área encontrado para essa variável.

Analisando-se a relação entre as variáveis, encontrou-se correlação positiva existente entre a tensão superficial (0,1375) e o ângulo de contato (0,5850) faz com que quanto maior for um dos dois, conseqüentemente, menor será a molhabilidade da superfície (-0,5341) (IOST, 2008). A relação entre o ângulo de contato (0,5850) e a área molhada (-0,5341) expressa correlação negativa, de modo que qualquer aumento em uma das variáveis representará uma diminuição em igual intensidade na outra.

4. CONCLUSÕES

O uso de óleo mineral em mistura na calda de pulverização é capaz de diminuir a tensão superficial do líquido e, quanto maior a sua concentração em mistura, menor será a tensão superficial até um limite.

Concentrações crescentes de óleo mineral Argenfrut[®] em mistura nas caldas resultaram em menores ângulos de contato de gotas na superfície de folhas de café, as quais se mostraram hidrofílicas.

Não houve diferença entre área molhada pelas gotas nas folhas de café com diferentes concentrações do adjuvante óleo mineral em mistura.

A superfície lisa de vidro se mostrou intensamente hidrofílica, de modo que a influência do adjuvante sobre o ângulo de contato e, conseqüentemente na área molhada, não influenciou positivamente nos resultados, ficando inferiores aos da água.

Houve correlação negativa entre as variáveis ângulo de contato e área molhada na superfície das folhas de café e de vidro.

5. REFERÊNCIAS

- BAUER, F. C.; ALMEIDA, E. de; MARQUES, D. C.; ROSSI, T.; PEREIRA, F. A. R. Deposição de pontas de pulverização AXI 11002 e JA-2 em diferentes condições operacionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1610-1614, 2008.
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; CAMPOS, H. B. N.; DECARO JUNIOR, S. T. Impactos da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na agricultura. In: BUSOLI, A. C. et al. **Tópicos em entomologia agrícola - V**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2012. Cap. 7, p. 69-78.
- IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades Físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B. (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.
- KOCH, K.; ENSIKAT, H. J. The hydrophobic coatings of plant surfaces: epicuticular wax crystals and their morphologies, crystallinity and molecular self-assembly. **Micron**, v. 39, p. 759–772, 2008.
- KIRKWOOD, R. C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pestic Sci**, v. 55, p. 69–77, 1999.
- MATUO, T. et al. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. Brasília: ABEAS, 2005. 86 p.
- MONTEIRO, M. V. de M. **Compêndio de aviação agrícola**. Gráfica e Editora Cidade: Sorocaba-SP, 2006. 298p.
- PRADO, E. P.; ARAÚJO, D. de; RAETANO, C. G.; POGETTO, M. H. F. A. D.; AGUIAR JÚNIOR, H. O. Influência da dureza e potencial hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 389-396, 2011.
- SILVA, A. L. C.; PONZETTO, E.; ROSA, F. **Tensoativos: Conceitos gerais e suas aplicações em tintas**. Oxiteno S/A Indústria e Comércio, 2003. 16 p., 2003. (Artigo Técnico).

TANG, X.; DONG, J.; LI, X. A comparison of spreading behaviors of Silwet L-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 325, p. 223–227, 2008.

TAMHANE, V. A.; DHAWARE, D. G.; KHANDELWAL, N.; GIRI, A. P.; PANCHAGNULA, V. Enhanced permeation, leaf retention and plant protease inhibition activity with bicontinuous microemulsions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 383, p. 177–183, 2012.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2004. Inert (other) Pesticide Ingredients in Pesticide Products - Categorized List of inert (other) Pesticide Ingredients. Available at: <http://www.epa.gov/opprd001/inerts/lists.html> [acessado em 16 de novembro de 2012].

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2005a. Inert (other) ingredients in pesticide products. Available at: <http://www.epa.gov/opprd001/inerts/> [acessado em 16 de novembro de 2012].

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; BAGLEY, W. E.; KRAUSE, C. R. Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with the type and concentration of adjuvants. **Pest Manag Sci**, United States, v. 67, p. 842–851, 2011.

YAMAUTI, M. S.; GIANCOTTI, P. R. F.; LODO, B. N.; LIMA, L. L. de; FERREIRA, M. C. Controle de *Ipomoea hederifolia* com baixo volume de calda com e sem adjuvante aplicada com bico de energia centrífuga. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 49-61, 2012.

ZHANG, Y.; ZHANG, G.; HAN, F. The spreading and superspreading behavior of new glucosamide-based trisiloxane surfactants on hydrophobic foliage. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**, v. 276, p. 100–106, 2006.

CAPÍTULO 3. QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO E DESEMPENHO OPERACIONAL DE PULVERIZADORES NA CULTURA DO CAFÉ

RESUMO – A maioria dos pulverizadores utilizados na cultura do cafeeiro, são munidos com pontas de pulverização hidráulicas e proporcionam tratamentos fitossanitários com volumes de calda muitas vezes acima do necessário, levando à distribuição irregular e depósito não apropriado do produto fitossanitário nas folhas. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o depósito de calda e do produto fitossanitário profenofós + lufenuron sobre as folhas do cafeeiro com pulverizador convencional equipado com bicos de pulverização de energia hidráulica, aplicando volumes de 200 e 400 L de calda. ha⁻¹ e com pulverizador equipado com bicos de pulverização de energia eólica, usando volumes de 20, 30, 40, 46, 67 e 92 L de calda. ha⁻¹, em dois experimentos de campo. Nas caldas foi adicionado o marcador sulfato de manganês. Foi calculada a capacidade de campo operacional para a localidade onde foi instalado o experimento, variando-se os volumes de aplicação. O delineamento do experimento foi em blocos casualizados com 5 tratamentos e uma testemunha com quatro repetições, nos dois experimentos. Nas 6 parcelas de cada experimento, foram amostradas duas plantas logo após a pulverização e coletadas folhas em pontos equidistantes de duas alturas. No laboratório do Departamento de Fitossanidade, foi extraído o conteúdo de marcador presentes nas folhas e feitas as médias de deposição para cada tratamento. Foi feita a análise de variância e o teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade, considerando os efeitos de volume de aplicação e ponto amostrado na planta. A deposição de marcador sobre as folhas foi significativamente maior para os volumes do pulverizador convencional. Porém, o pulverizador pneumático, nos volumes de 46, 67 e 92 L.ha⁻¹, depositou, significativamente, mais volume de inseticida nas folhas e de forma mais homogênea entre as alturas da planta. Os volumes menores proporcionaram um ganho em capacidade de campo operacional.

PALAVRAS-CHAVE: bico pneumático, bico hidráulico, capacidade operacional, eficiência de campo

CHAPTER 3. QUALITY OF SPRAY AND OPERATIONAL PERFORMANCE OF THE SPRAYERS ON COFFEE PLANTATION

ABSTRACT – The majority of sprayers being utilized on coffee plantations, is equipped with hydraulic nozzles that provide plant protection treatments with spraying liquid volumes very often above of the necessary, bringing to an irregular distribution and to a non-appropriated deposits of the plant protection product on the leaves. So, the present work aimed to evaluate the deposits of spraying liquid of plant protection product profenofos + lufenuron on coffee leaves by means of a conventional sprayer with hydraulic nozzles, applying the spraying liquid volumes of 200 and 400 L.ha⁻¹, and a sprayer with pneumatic nozzles, applying the spraying liquid volumes of 20, 30, 40, 46, 67 e 92 L.ha⁻¹, during two field experiments. In the spraying liquids of every treatment it was added the tracer manganese sulfate. It was calculated the operational field capacity for the locality where the experiment occurred, varying the application volume. The experiment design relied upon randomized blocks with 5 treatments and a control in four replications, At the 6 parcels of each experiment, it were sampled two plants right after the spray, and collected leaves of equidistant points in two heights. At the laboratory of Fitossanidade Department the tracer content present on the leaves was extracted and the means of deposition for all the treatments were found. The means were submitted to variance analysis and to the Tukey test of multiple comparison at 5% of probability, considering the effects of application volume and sampled point of the plant. The tracer deposition on the leaves was significantly higher for the volumes with the conventional sprayer. On the other hand, the pneumatic sprayer, at the volumes of 46, 67 e 92 L.ha⁻¹, deposited, significantly, more volume of plant protection product on the leaves and in a more homogenous form among the heights of the plant. The lower volumes provided a gain in operational field capacity

KEY WORDS: pneumatic nozzle, hydraulic nozzle, operational capacity, field efficiency

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira é mundialmente conhecida por exportar seu produto, com alto valor adicionado para países de alto poder aquisitivo, como Suíça, Alemanha, Japão, entre outros, que processam os grãos verdes e produzem bebida de excelente qualidade (AGRIANUAL, 2012). A cultura, entretanto, é acometida pela presença de insetos e microrganismos que muitas vezes resultam em danos nas diversas partes da planta. Esses danos são muitas vezes favorecidos pela arquitetura da planta, que age como proteção para essas pragas e patógenos contra as gotas pulverizadas durante os tratamentos fitossanitários.

Os pulverizadores são comumente munidos de pontas de energia hidráulica, sendo utilizadas nas lavouras de café para controlar insetos, patógenos e plantas daninhas. Essas pontas, em função de características intrínsecas, produzem gotas de tamanho variado, de modo que gotas maiores se perdem por ricocheteio ou escorrimento, chegando ao solo, e as menores por deriva ou evaporação, sendo essa responsável por perdas de 23 a 45%, enquanto que para o solo há perdas de 2 a 39% (BUISMAN et al., 1989; PLANAS; PONS, 1991; RAISIGL et al., 1991).

Algumas empresas de pulverizadores no mundo têm buscado validar pulverizadores equipados com pontas que trabalham com outros tipos de energia, tais como a centrífuga, eletrostática ou gasosa, capazes de produzir gotas com tamanho mais uniforme, permitindo uma maior qualidade na pulverização.

Para a maioria dos insetos praga, Himel e Uk (1975), sugerem como tamanho ótimo de gotas produzidas na faixa entre 15-80 μm . Insetos vetores ou que têm o hábito de voar constantemente, como mosquitos, requerem um tamanho de gota ainda menor para que haja eficiência em seu controle, variando entre 5-25 μm (MOUNT, 1970).

Uma vez havendo uma produção de gotas com espectro uniforme, quanto menor for esse diâmetro, a deposição e a eficácia de produtos fitossanitários podem ser aumentadas, havendo a possibilidade de se reduzir o volume de aplicação, quando comparado às pulverizações convencionais, sem que ocorra perda de qualidade na aplicação (SMITH et al., 2000; GILES et al., 2002). Zhu et al. (2006), em estudo envolvendo a deposição de gotas em pomares de *Malus sp.*, concluíram

que as plantas recebiam um volume de calda bem acima do necessário, sugerindo uma adequação do volume ao dossel e evitando desperdícios de produtos fitossanitários e contaminação do ambiente.

Com o aumento no preço dos combustíveis e custo com mão de obra, muitos produtores de diversos setores agrícolas no mundo têm manifestado interesse em pulverizadores capazes de tratar as plantas de maneira satisfatória as partes das plantas, fazendo-se uso de volumes de pulverização reduzidos, e em velocidades altas (USDA NASS, 2008). Just et al. (1990) buscaram alternativas para pulverizações em pomares de citros na Espanha, avaliando pulverizadores com assistência de ar e volumes reduzidos. Quanto menor o volume pulverizado necessário para um determinado tratamento fitossanitário, maior será a capacidade de campo operacional do pulverizador (CHAGAS et al., 2012). A capacidade de campo operacional (Cco) corresponde à capacidade do pulverizador em tratar uma determinada área por unidade de tempo. Dessa forma, quanto maior a Cco, menos tempo um pulverizador necessita para tratar uma unidade de área (MATUO, 1990).

Nesse capítulo, objetivou-se avaliar o desempenho de um pulverizador equipado com pontas de pulverização pneumáticas, capaz de aplicar volume baixo e ultra baixo de calda, em comparação a um pulverizador convencionalmente utilizado em lavoura de café.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos em área agrícola estabelecida com a cultura do café da Fazenda São Luís, município de Altinópolis – SP, 21°00'41"S e 47°25'36"O, com 975 m de altitude.

Na propriedade havia a presença do inseto praga *Leucoptera coffeella* (Guérin – Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), comumente chamado de bicho-mineiro-do-cafeeiro, em níveis populacionais adequados ao experimento, justificando a necessidade de tratamento fitossanitário.

As atividades a campo começaram no dia 17 do mês de outubro e encerraram-se no dia 7 do mês de novembro, para o ano 2011, e no dia 24 de abril ao dia 16 de maio, para o ano 2012. Esses períodos foram escolhidos por corresponderem às épocas de maior ocorrência do inseto para essa região, acompanhando o andamento das pulverizações na propriedade.

Foram utilizados dois pulverizadores de arrasto, tratorizados, de jato transportado. Um deles foi o modelo Arbus 400 da empresa Jacto (Figura 1C), convencionalmente utilizado no local dos experimentos. O outro pulverizador foi o modelo recém lançado SMART 400 UBV[®], de aplicação a volume ultra baixo, em duas versões, pertencente à empresa Pulsfog Pulverizadores Ltda.

A primeira versão do pulverizador de volume ultra baixo usada no experimento possuía chassi tubular para acoplamento à porta-implementos hidráulico de tratores agrícolas; tanque de calda de 400 L; dimensões (sem barras de aplicação): L 770 x C 1130 x A 1700 mm; largura máxima do equipamento (incluindo barras e bocais): 1040 mm; bocais nebulizadores: 6 bocais UBV pulsFOG cone cheio (Figura 2A); montagem bilateral: 3 bocais para cada lado da aplicação, com altura do solo variando entre 850 e 1850 mm; peso vazio aproximado: 240 kg; potência mínima recomendada do trator: 50 HP; acionamento: tomada força padrão de 540 rpm; Potência absorvida: aproximadamente 10 HP (Figura 1A).

A segunda versão do pulverizador de volume ultra baixo, seguindo-se mudanças necessárias observadas após o primeiro teste à campo, apresentava 12 bocais tipo leque pulsFOG (Figura 2B), com vazão mínima de 450 ml/min, dimensionados 6 bocais para cada lado; acoplamento ao porta implementos de três

pontos; capacidade de tanque de 400 L; barras com largura mínima e máxima de 1,2 e 2,7 m; acionamento na tomada de potência a 540 rpm; Peso vazio de 310 kg; dimensões de 80 x 140 x 170 mm (Figura 1B).



Figura 1. A. Primeira versão do pulverizador SMART, com 3 bocais pneumáticos em cada lado. B. Segunda versão do pulverizador SMART, com 6 bocais pneumáticos em cada lado. C. Pulverizador Arbus convencional para a cafeicultura, com 8 pontas de pulverização em cada lado.

O equipamento convencional Arbus 400[®] foi acoplado ao sistema de três pontos do trator e acionado pela tomada de potência, a 540 rpm. Esse pulverizador foi equipado com 8 pontas de pulverização de energia hidráulica modelo JA-2 de jato cônico vazio, em cada lado, ao passo que o SMART 400 UBV[®] usou bicos pneumáticos.

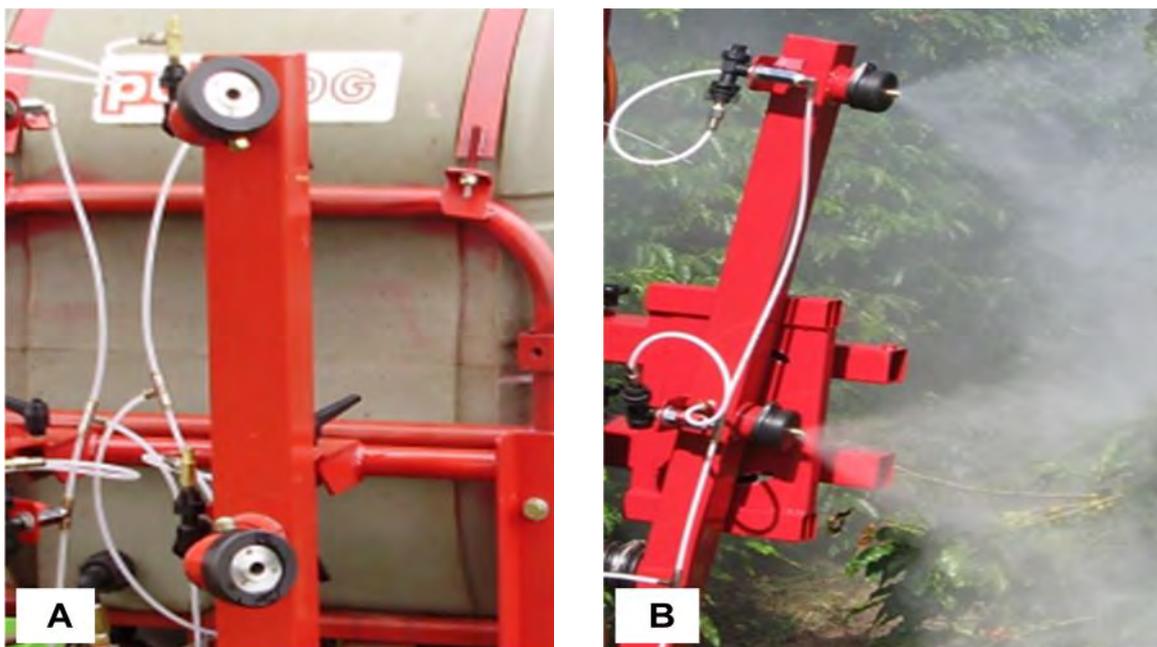


Figura 2. A. Bocais pneumáticos UBV pulsFOG tipo cone cheio utilizados no primeiro teste. B. Bicais UBV pulsFOG tipo jato leque utilizados no segundo teste. Altinópolis, SP.

Para todos os pulverizadores, aplicou-se 800 mL.ha^{-1} do produto profenofós (50%) + lufenuron (5%) (Curyom[®] 550 CE) (55% i.a. g/L), pertencente ao grupo dos Organofosforados e ao grupo químico das Aciluréias. Esse produto foi utilizado, conforme o planejamento da fazenda em que, em aplicações anteriores, foi aplicado 90 g/ha do produto comercial Altacor[®].

No primeiro experimento, realizado em 2011, foi adicionada à calda a dosagem fixa de 5 L.ha^{-1} de óleo mineral (Argenfrut[®]), com a finalidade de reduzir o potencial de evaporação das gotas, sobretudo nos tratamentos em volume ultra-baixo que se utiliza de gotas na classe muito fina, conforme especificação do fabricante. A quantidade de óleo fixa 5 L.ha^{-1} foi definida com a finalidade de correlacionar com a indicação dos produtos fitossanitários para a cultura do café, além de manter o custo deste insumo invariável para todas as parcelas tratadas. Esta dosagem fixa também é compatível com os menores volumes, pois resulta em maior preservação das gotas uma vez que, percentualmente, a quantidade de óleo aumenta quando se reduz a calda aplicada.

No segundo experimento, realizado no ano 2012, foi estabelecida aos tratamentos a volume ultra baixo, referentes ao SMART, a concentração de óleo

mineral fixa de 10% do volume de calda. Essa mudança foi proposta uma vez que os volumes de pulverização foram aumentados e havia possibilidade de provocar fitotoxicidade nas folhas pulverizadas, e de impedir a correta solubilização dos demais constituintes da calda de pulverização. Para os tratamentos envolvendo o pulverizador convencional, foi utilizada a concentração fixa de 1 L.ha⁻¹ de óleo mineral, conforme a dosagem comumente usada na propriedade.

Os volumes de calda aplicados em ambos os experimentos estão apresentados na Tabela 1, sendo que, para o equipamento convencional, utilizou-se dois volumes e, para o SMART 400 UBV[®], 6 volumes, ajustando-se a mesma velocidade do trator para todos os tratamentos. A constituição das caldas, no que se refere à quantidade de produto fitossanitário + água + óleo mineral, para cada tratamento e em cada teste estão descritas conforme a Tabela 1 do capítulo 2, com os tratamentos T1 a T5 no primeiro experimento e T6 a T10 no segundo experimento.

Tabela 1. Volumes de aplicação adotados nos dois experimentos para pulverização de plantas de café com suas respectivas velocidades de trabalho. Altinópolis, SP.

Experimento	Tratamento	Pulverizador	Volume de aplicação (L.ha ⁻¹)*
1	1	SMART 400 UBV [®]	20
	2		30
	3		40
	4	Convencional	200
	5		400
	6	Testemunha	-
2	1	SMART 400 UBV [®]	46
	2		67
	3		92
	4	Convencional	200
	5		400
	6	Testemunha	-

*As caldas serão compostas por óleo mais a dosagem recomendada para o produto fitossanitário e a diferença para completar cada volume mencionado na tabela será completada com água. As aplicações ocorreram a 6,4 km.h⁻¹ para ambos os experimentos.

As condições meteorológicas referentes a cada experimento e a cada tratamento em que foram realizadas pulverizações seguem descritas na Tabela 2.

No SMART, as reduções de vazão foram realizadas através da troca do disco restritor, nos bocais, por discos com orifícios maiores ou menores, ao passo que o convencional fez uso de dois modelos de ponta de pulverização de diferentes vazões. Em ambos os casos, ajustes na pressão foram necessários para adequar a vazão ao mais próximo do desejado para os tratamentos.

Tabela 2. Parâmetros de trabalho dos pulverizadores e condições meteorológicas referentes ao dia de aplicação

Teste	Tratamento (L.ha ⁻¹)	Dia	Disco restritor/ Ponta	Pressão (lbf)	T°C	UR %	Horário	Vel. Ar (km/h)
1	20	17/out	0,5 mm	16	24,6	67	15:00	7 a 9
	30	17/out	0,5 mm	24	24,4	64	15:45	8 a 9
	40	17/out	0,5 mm	42	24,6	65	16:26	8 a 10
	200	18/out	TXA 80067	150	24,7	56	11:20	3 a 4
	400	18/out	JA-2	145	23,4	57	10:30	5 a 6
2	46	23/abr	0,5 mm	40	26,4	63	15:20	5 a 7
	67	24/abr	0,6 mm	45	24,8	73	10:30	4 a 6
	92	24/abr	0,7 mm	60	26,7	57	11:45	4 a 6
	200	24/abr	TXA 80067	150	27,7	44	16:10	1 a 2
	400	24/abr	JA-2	145	28,2	41	15:15	0 a 1

Para o equipamento SMART, a fonte de pressão utilizada foi um botijão de gás CO₂ pressurizado acoplado à máquina e conectado a um recipiente vedado com capacidade de armazenamento de 10 L de calda, servindo como sistema alimentador dos bocais (Figura 3). Esse método foi proposto a fim de facilitar a preparação das caldas, a limpeza do recipiente que armazenava calda, evitando, dessa forma, desperdícios a cada vez que a vazão dos bocais era alterada.

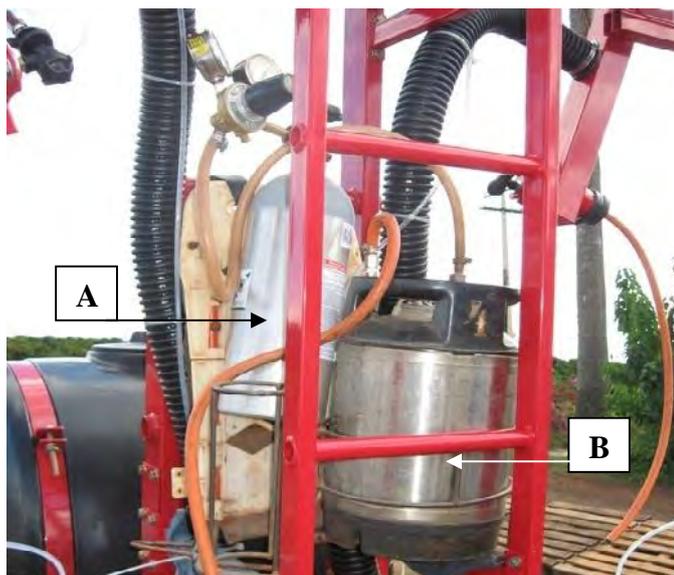


Figura 3. Montagem do tubo de CO₂ (A) e do recipiente armazenador de calda (B) no pulverizador SMART de volume ultra baixo. Altinópolis-SP, 2012.

O equipamento convencional, para aplicação do volume de 400 L.ha⁻¹, foi equipado com pontas de pulverização modelo JA-2, em todos os ramais, enquanto que, para o volume de 200 L.ha⁻¹, todos os ramais foram equipados com pontas TXA 80 067, que produzem gotas do mesmo tamanho, porém com metade da vazão, quando comparadas às pontas JA-2.

2.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento contou com 5 tratamentos e mais uma testemunha, em quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais distribuídas no delineamento em blocos casualizados. Cada parcela foi constituída por 5 linhas espaçadas por 3,5 m com comprimento de 15 metros, correspondendo a uma área de 262,5 m² por parcela, sendo que o local útil para avaliações compreendia a linha central com 2 plantas centrais avaliadas (Figura 4).

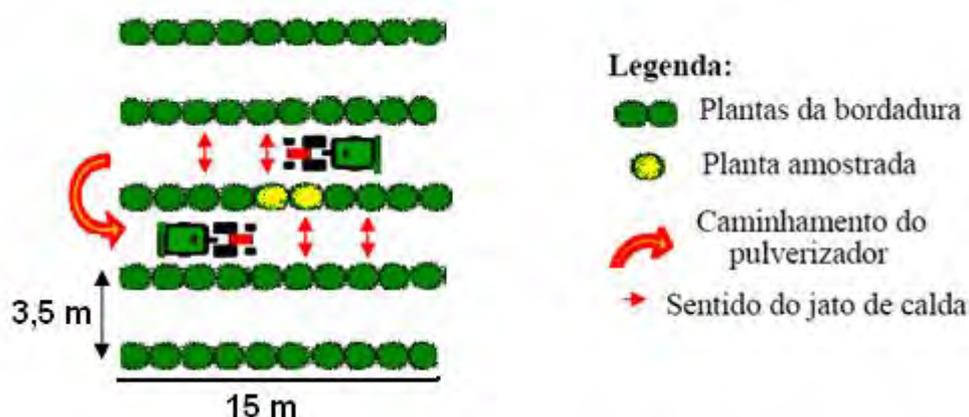


Figura 4. Esquema de uma parcela experimental, indicando o caminhamento dos pulverizadores por entre as plantas de café durante o tratamento fitossanitário.

2.2. FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

2.2.1. AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DE CALDA

Para verificação da deposição das gotas sobre as plantas de café, foi adicionado à calda um marcador metálico formulado à base de sulfato de manganês (31% de Mn^{2+}) da empresa Oxiquímica Ltda, no estado sólido. Para o primeiro experimento, foram utilizadas as dosagens de 3 g do marcador para cada litro de calda em todos os tratamentos, conforme o valor utilizado convencionalmente. No segundo experimento, foi necessário aumentar essa dosagem para 20 g/L e 10 g/L de marcador, respectivamente, para os tratamentos a volume ultra baixo e para os tratamentos a 200 e 400 $L \cdot ha^{-1}$, uma vez que muito pouco marcador estava sendo depositado nas folhas e as detecções ficaram com valores muito reduzidos no primeiro experimento.

Após cada aplicação foi feita amostragem dentro de cada parcela, de modo que, em cada uma das 2 plantas centrais, amostrou-se 8 pontos, coletando-se 2 folhas por ponto. A distribuição destes pontos visou representar toda a planta, amostrando a deposição nas partes externas (em ambos os lados da linha e nos terços superior e inferior = 4 pontos), e entre as plantas (nos terços inferior e superior = 4 pontos), conforme apresentado na Figura 5. Em cada parcela, foram amostrados 16 pontos e coletadas 32 folhas de café plenamente desenvolvidas e

sadias. Em ambos os experimentos, antes da pulverização, coletou-se folhas nas parcelas testemunha com o intuito de verificar depósitos ou traços do marcador nas folhas, prejudicando as posteriores comparações.

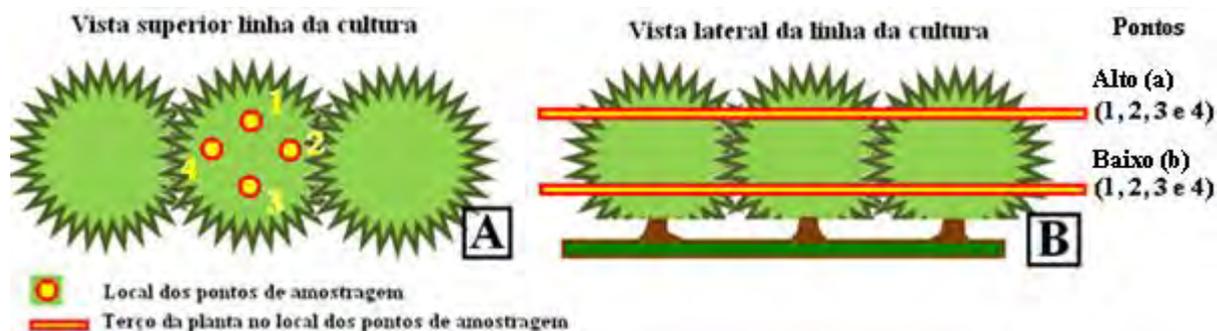


Figura 5. A. Amostragem dos pontos externos (1 e 3) e internos (2 e 4) da linha de planta. B. Amostragem dos pontos no terço superior (alto) e inferior (baixo) da planta de café.

Em cada parcela coletou-se, com uso de luvas de procedimento cirúrgico, duas folhas de cada altura da planta representando as suas partes inferior e superior. Estas eram devidamente identificadas no campo e colocadas em sacos de plástico para serem transportadas ao laboratório de Tecnologia de Aplicação do Departamento de Fitossanidade, UNESP – Campus de Jaboticabal. No laboratório, as amostras foram separadamente colocadas em recipientes que receberam 150 mL de solução de HCl 0,2N, sendo mantidas por uma hora em repouso para a extração do manganês depositado na superfície da folha (MACHADO-NETO; MATUO, 1989; OLIVEIRA; MACHADO-NETO, 2003) (Figura 6A). Posteriormente, os extratos foram filtrados e levados para leitura, utilizando-se um espectrofotômetro de absorção atômica. Os resultados encontrados em $\mu\text{g Mn}^{2+} \cdot \text{mL}^{-1}$ de solução foram corrigidos, multiplicado-se por 150, devido à diluição no ácido clorídrico.

Concomitantemente, a área das folhas usadas na extração foi medida em integrador LI-3100C Area Meter, da marca LI-COR[®] (Figura 6C). Esse valor foi utilizado como denominador dos respectivos valores de $\mu\text{g Mn}^{2+} \cdot \text{mL}^{-1}$ lidos no espectro fotômetro e corrigidos para $\mu\text{g Mn}^{2+} \cdot \text{cm}^{-2}$ de superfície foliar.

Uma vez conhecida a quantidade de marcador depositada por unidade de área foliar, juntamente com o valor de marcador adicionado à calda, encontramos a quantidade de calda fitossanitária que depositou-se por cm^{-2} de folha. Por fim, a

partir desse valor, encontramos o valor em nano litros do volume de inseticida presente nessa calda que se depositou a partir de cada um dos volumes de aplicação utilizados no experimento.

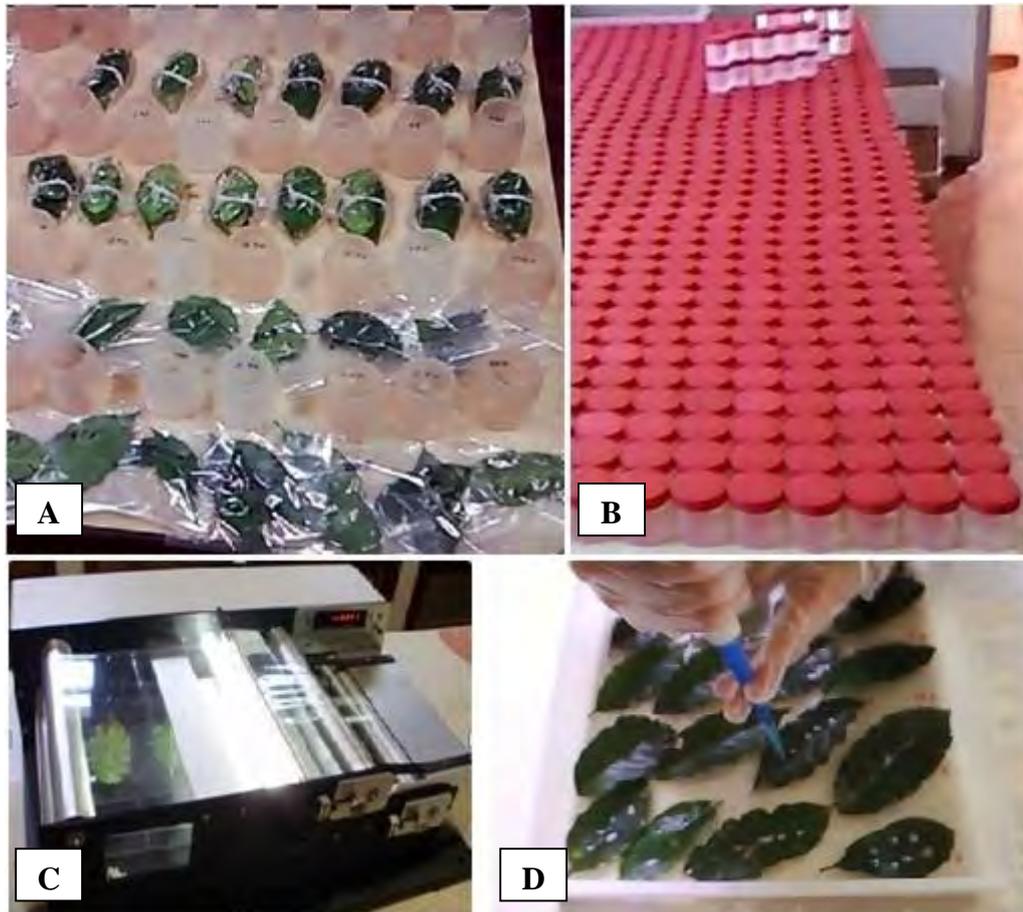


Figura 6. A. Folhas de cada ponto de amostragem em repouso na solução de ácido clorídrico 0,2N. B. Extratos ácidos contendo o marcador extraído da superfície das folhas acondicionadas em potes de plástico. C. Medição de área foliar. D. Ilustração da aplicação de calda nas folhas de café para posterior avaliação da recuperação de marcador.

As caldas que foram feitas para cada tratamento dos experimentos foram diluídas em 1.000 mL e analisadas em espectrofotômetro a fim de se determinar a quantidade real de íons Mn^{2+} dissolvidos, oriundos da utilização do marcador.

Dessa forma, foi realizado o teste de recuperação de calda utilizando-se folhas de café plenamente desenvolvidas e saudáveis com a intenção de avaliar o quanto de Mn^{2+} chegou na superfície das folhas pode ser extraído através do contato e repouso em solução ácida de HCl a 0,2N (Figura 6D). Para tal, um volume

de 0,1 mL de cada calda foi distribuído na superfície adaxial de 5 folhas de café, como repetições, deixando-as por algumas horas em repouso até que o líquido evaporasse. Após secas, as folhas entraram em contato com 150 mL da solução ácida por uma hora. Passado esse período, as soluções foram analisadas em espectrofotômetro para se determinar a concentração de Mn^{2+} . Através da relação entre o valor de Mn^{2+} lido e a quantidade do mesmo presente na calda, obteve-se a taxa de recuperação para as caldas de cada tratamento.

Em ambos os testes, para cada conjunto de amostras pertencentes a um tratamento, foram multiplicados os valores de Mn^{2+} encontrados pela taxa de recuperação respectiva, obtendo-se, assim, a quantidade real de calda que foi depositada nas folhas de café. As médias desses dados de deposição submeteram-se à análise de variância e foram comparadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade.

2.2.2. CAPACIDADE DE CAMPO OPERACIONAL

Em virtude dos tratamentos adotados no experimento, foi determinada a capacidade de campo operacional (CcO) para cada volume de aplicação, determinando-se os valores de área tratada por unidade de tempo pelo conjunto trator-pulverizador.

Portanto, foram realizados levantamentos dos movimentos e dos tempos envolvidos nas pulverizações, a fim de encontrar elementos para realizar comparações entre os equipamentos em relação à capacidade de campo operacional (CcO). Para isto, foi utilizado relógio, cronômetro digital, trena de 50m, equipamentos de proteção individual (EPI), termohigrômetro e anemômetro. Foi realizado o acompanhamento de operadores registrando-se os tempos principais envolvidos com cada operação, e outros parâmetros, sendo eles: Tempo de preparação, em minutos (T_p); Tempo para abastecimento, em minutos (T_r); Largura da faixa de pulverização, em metros (L); Comprimento da faixa de tratamento, em metros (C); Distância para reabastecimento, em metros (d); Velocidade de pulverização, em metros por minuto (V_p); Volume de pulverização, em litros por hectare (V); Velocidade de deslocamento para reabastecimento, em metros por

minuto (Vd); Capacidade do tanque, em litros (Ca); Tempo de virada, em minutos (Tv).

A capacidade de campo operacional (CcO), em hectares por hora, considerada real, será obtida dividindo-se a área tratada por tanque pelo tempo total (Tt) gasto na operação.

$$Tt = Tr + Ta + [(Tp + Op) / n^{\circ} \text{ tanques esvaziados durante a jornada}] \quad (1)$$

Onde: Ta é o tempo total de aplicação de um tanque, Op é o tempo gasto com outras paradas.

$$CcO \text{ Real} = \text{área tratada por tanque} / \text{tempo total na operação do tanque} \quad (2)$$

O tempo, em minutos para pulverizar um hectare, foi estimado pelo modelo matemático, proposto por Matuo (1983):

$$t = [10^4 / (Vp \times L)] + [(10^4 \times Tv) / (C \times L)] + [(d \times V) / (Vd \times Ca)] + [(Tr \times V) / Ca] \quad (3)$$

Em função do t calculado, a capacidade operacional de campo é dada por:

$$Cco = 60 / t \quad (4)$$

Foi feita a comparação direta dos dados observados para cada um dos tratamentos com os dois equipamentos e diferentes volumes de aplicação, representando os resultados graficamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. TAXA DE RECUPERAÇÃO DO MARCADOR NAS CALDAS

De acordo com os resultados encontrados após o teste de recuperação do marcador Mn^{2+} adicionado às caldas fitossanitárias, variando-se os volumes, encontrou-se valores de da ordem de 80%, em média, para as caldas do primeiro experimento (Tabela 3). Os valores de depósito de Mn^{2+} encontrados nas folhas de café após a pulverização foram multiplicados pela porcentagem de recuperação do respectivo volume de aplicação, antes de suas médias serem submetidas às análises estatísticas.

Tabela 3. Concentração nas caldas e taxa de recuperação de Mn^{2+} para cada tratamento, nos dois experimentos.

Tratamentos	[Mn^{2+}] na calda ($\mu g/mL$)		Taxa de recuperação de Mn^{2+} (%)	
	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2
T1	390	5149	79,72	100
T2	497	5102	83,3	100
T3	631	5008	84,55	100
T4	513	2543	83,17	100
T5	529	2546	82,84	100

No segundo experimento, uma vez que aumentou-se consideravelmente a quantidade de marcador adicionado à calda fitossanitária em todos os volumes, houve 100% de recuperação, não havendo a necessidade de modificar os valores de depósitos de Mn^{2+} encontrados nas folhas de café antes de serem submetidos às análises estatísticas.

3.2. AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DE MARCADOR SOBRE A SUPERFÍCIE DAS FOLHAS DE CAFÉ PULVERIZADAS

Os resultados decorrentes da pulverização realizada no ano de 2011, em que comparou-se o pulverizador convencional com a primeira versão do pulverizador

SMART UBV 400, foram desconsiderados, uma vez que a configuração desse último não favoreceu a formação de gotas com massa suficiente a fim de que pudessem armazenar energia cinética para chegarem ao alvo representado pela superfície das folhas. Um outro fator que inviabilizou a avaliação da deposição para ambos os pulverizadores foi a baixa concentração do marcador Sulfato de Manganês misturado à calda, dificultando a leitura do íon Mn^{2+} extraído das folhas pelo espectrofotômetro, resultando em valores muito baixos de concentração em $\mu g.mL^{-1}$.

Uma vez modificada a versão do pulverizador SMART UBV 400, e aumentada a concentração do marcador adicionado à calda, os resultados do experimento realizado em 2012 à campo mostraram diferenças entre os pulverizadores e os volumes pulverizados quanto à análise de deposição.

Por ocasião do método, em que se utilizou uma concentração de marcador fixa por volume de calda, os valores de deposição em $\mu g Mn^{2+}.cm^{-2}$ com o uso do pulverizador convencional nos volumes de 200 e 400 $L.ha^{-1}$ foram maiores e diferentes significativamente da testemunha e dos volumes ultra baixos (Tabela 4). Todavia, ressalta-se que, embora com as mesmas concentrações de marcador por volume de calda, o volume de 200 $L.ha^{-1}$ não diferiu significativamente do volume de 400 $L.ha^{-1}$. Dessa forma, entende-se que o volume de 400 $L.ha^{-1}$ proporcionou um desperdício de calda. Desperdício esse que pode ser caracterizado por gotas muito grandes que chegaram ao chão e gotas muito pequenas que sofreram deriva, ou mesmo por se tratar de um volume que excede o ponto de máxima retenção de calda pela superfície foliar das plantas (HARTLEY; BRUNSKILL, 1958).

Em estudo variando os volumes de aplicação na cultura do citros, Scandelai (2011) mostrou que volumes baixos podem ser adotados para uma boa deposição de calda das partes mais externas das plantas, uma vez que volumes altos excedem o limite de retenção máxima pelas folhas, levando ao escorrimento e perda de calda para o solo.

Schmidt (2006), avaliando quatro pontas de pulverização hidráulicas com diferentes volumes de aplicação na cultura da soja, verificou que não houve diferença significativa entre os três volumes no que se refere à deposição de calda nas folhas. Igualmente, Araújo (2008), avaliando três volumes de calda pulverizados por planta de citros, observou que não houve diferenças significativas entre os

volumes quanto à deposição de calda nos frutos das plantas. Outras tecnologias, no entanto, não demonstram o mesmo comportamento, conforme Bócoli et al. (2012) demonstraram em estudo com pulverizador do tipo canhão em plantas de café, em que o maior volume de 600 L.ha⁻¹ resultou em maiores depósitos em relação ao volume de 300 L.ha⁻¹.

Os volumes ultra baixos de 46 e 67 L.ha⁻¹ não diferiram significativamente da testemunha. O volume de 92 L.ha⁻¹ diferiu da testemunha, muito embora não tenha diferido dos volumes de 200 e 400 L.ha⁻¹ aplicados com o pulverizador convencional (Tabela 4). Os volumes ultra baixos, utilizados para o pulverizador SMART UBV 400 resultaram em valores de depósito condizentes com a concentração do marcador adicionado à calda nos respectivos volumes.

Tabela 4. Concentração em µg do íon Mn²⁺ depositado sobre a superfície de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação diferentes. Altinópolis - SP, 2012.

Volumes	[µg Mn ²⁺].cm ⁻²
46 L.ha ⁻¹	0,099 bc ¹
67 L.ha ⁻¹	0,114 bc
92 L.ha ⁻¹	0,131 b
200 L.ha ⁻¹	0,383 a
400 L.ha ⁻¹	0,357 a
Testemunha	0,085 c
CV	37,11
DMS	0,037

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à análise do depósito do marcador Mn²⁺ por cm⁻² de área foliar, considerando-se os quatro pontos equidistantes na planta e nas duas alturas avaliadas, observou-se maiores valores do mesmo nas partes externas (pontos 1 e 3) em relação às internas das plantas (pontos 2 e 4) (APÊNDICE IV A). Os pontos externos das partes baixas das plantas representados por baixo 1 e baixo 3, conforme Tabela 5, foram os que receberam maior quantidade de marcador, seguido pelos pontos externos na partes altas das plantas amostradas, representados por alto 1 e alto 3. Por não discriminar os volumes, essa análise geral mostra a dificuldade característica das pulverizações no que se refere à penetração das gotas

no dossel das plantas, havendo um maior depósito nas primeiras folhas. Raetano et al. (2001), estudando diferentes equipamentos pulverizadores em plantas de café de porte baixo, evidenciaram menores depósitos de calda nas partes mais internas das plantas de café, em função da dificuldade de penetração das gotas. Igualmente, em plantas de citros, Ramos et al. (2007), evidenciaram menores depósitos de calda nas partes mais internas das plantas.

Tabela 5. Concentração em μg do íon Mn^{2+} depositado sobre a superfície de folhas de café nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo) a partir de pulverizadores e volumes de aplicação diferentes. Altinópolis - SP, 2012.

Pontos da planta	$[\mu\text{g Mn}^{2+}].\text{cm}^{-2}$
Alto 1	0,265 ab ¹
Alto 2	0,113 c
Alto 3	0,225 b
Alto 4	0,098 c
Baixo 1	0,300 a
Baixo 2	0,133 c
Baixo 3	0,309 a
Baixo 4	0,116 c
CV	37,11
DMS	0,045

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se analisa os valores de deposição discriminando-se os volumes e os pontos das plantas amostradas, observa-se que, quanto maior o volume de pulverização utilizado, maiores são as diferenças de depósito do íon Mn^{2+} por cm^{-2} de folhas de café encontradas entre os pontos amostrados (Tabela 6 e APÊNDICE IV B). Portanto, não havendo mudanças no número de bicos para os pulverizadores, e não havendo mudanças na velocidade de deslocamento do conjunto trato-pulverizador, qualquer aumento ou diminuição no volume de aplicação implica em mudanças no espectro do tamanho das gotas pulverizadas. Dessa forma, volumes maiores produzem gotas maiores que carregam maior volume de calda+marcador e que, por efeito da gravidade, tendem a se concentrar nas partes mais baixas das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Fernandes et al. (2010) que evidenciaram maiores depósitos de calda na altura inferior de plantas de café

usando-se de ramais simples, que produzem gotas maiores, em relação a ramais duplicados que produzem gotas mais susceptíveis a perdas por deriva, porém com menor diferença de depósitos entre as alturas.

Mewes et al. (2011), pulverizando diferentes volumes de aplicação em plantas de eucalipto através de pontas de pulverização pneumáticas, verificou que os maiores depósitos de calda foram maiores na altura inferior das plantas, uma vez que as gotas pequenas são as primeiras a sofrerem a ação da força da gravidade, não alcançando o dossel das plantas que mediam 15 metros. Da mesma forma, Miranda et al. (2012), avaliando o desempenho de pulverizadores com pontas de pulverização diferentes na cultura do café observaram que pontas hidráulicas resultaram em maiores depósitos de calda nas partes mais baixas das plantas, enquanto que pontas pneumáticas apresentaram maior homogeneidade de depósito de calda entre as alturas das plantas. Resultados divergentes, em função de outra tecnologia de aplicação foram encontrados por Bócoli et al. (2012), que, com o uso de pulverizador tipo canhão, evidenciaram que a deposição de calda se concentrou na parte superior das plantas de café.

Tabela 6. Depósito em μg do íon Mn^{2+} depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Altinópolis – SP, 2012.

Vol L.ha ⁻¹	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
46	0,14 bcA ¹	0,09 bcA	0,15 bA	0,09 abA	0,07 cA	0,09 bA	0,09 dA	0,07 bcA
67	0,19 bcA	0,05 cB	0,12 bAB	0,06 bB	0,20 bA	0,03 bB	0,23 cA	0,04 Cb
92	0,24 bA	0,07 cBCD	0,16 bABC	0,04 bD	0,17 bcAB	0,10 bBCD	0,23 cA	0,05 Ccd
200	0,43 aB	0,19 abC	0,40 aB	0,19 aC	0,67 aA	0,20 aC	0,71 aA	0,28 aC
400	0,50 aB	0,22 aCD	0,44 aB	0,11 abD	0,62 aA	0,29 aC	0,51 bB	0,18 Bcd
Test.	0,10 cA	0,06 cA	0,10 bA	0,09 bA	0,07 cA	0,09 bA	0,09 dA	0,08 bcA
CV	37,11							
DMS ²	0,10							
DMS ³	0,11							

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

3.3. AVALIAÇÃO DO VOLUME DE INSETICIDA DEPOSITADO NA SUPERFÍCIE DAS FOLHAS DE CAFÉ PULVERIZADAS.

A partir da quantidade do marcador manganês encontrado nas parcelas e sua quantidade presente nas caldas e, uma vez que se conhece a quantidade do produto fitossanitário presente nas caldas, pode-se determinar a partir de uma simples regra de três a quantidade desse último que atingiu a superfície das folhas amostradas por cm^{-2} .

Comparativamente ao ocorrido para a concentração de Mn^{2+} por cm^{-2} , o volume em nano litros (nL) de inseticida por cm^{-2} que atingiu a superfície das folhas de café mostrou resultados diferentes em relação aos volumes de aplicação e os pulverizadores.

Conforme a Tabela 7, o pulverizador SMART UBV 400 mostrou o melhor resultado com os volumes de 46 e 67 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$. A produção de gotas nos bocais pneumáticos desse pulverizador se faz através da força do vento que cisalha e produz gotas com um espectro de tamanho bem definido, quando comparada à produção de gotas através dos bicos hidráulicos presentes no pulverizador convencional. Portanto, aumentos no volume de aplicação para o SMART UBV 400 resultaram na produção de mais gotas por unidade de tempo. As gotas produzidas ficam sujeitas a perdas por deriva, o que resultou em uma maior perda para os volumes de 67 e 92 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$, por produzirem mais gotas em relação ao volume de 46 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$. Uma vez maiores as perdas, menores foram as quantidade de inseticida que atingiram as folhas de café.

O volume de 200 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ foi o melhor, no pulverizador convencional, quanto à deposição de inseticida nas folhas, ao passo que o volume de 400 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ demonstrou o menor resultado, significativamente, comparado a todos os volumes com ambos os pulverizadores. Esse volume de 400 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ mostra-se acima do ponto de máxima retenção de calda pelas plantas, resultando em desperdício de 53,3% do volume de inseticida e 50% do volume de água misturado à calda, além do adjuvante, combustível e tempo, quando comparamos ao volume de 200 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ para o pulverizador convencional.

Tabela 7. Volume do produto fitossanitário, presente na calda, depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação diferentes. Altinópolis - SP, 2012.

Volumes	Volume de inseticida (nL.cm^{-2})
46 L.ha^{-1}	0,333 a ¹
67 L.ha^{-1}	0,267 ab
92 L.ha^{-1}	0,228 b
200 L.ha^{-1}	0,302 a
400 L.ha^{-1}	0,141 c
CV	54,31
DMS	0,067

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade.

O pulverizador de volume ultra baixo SMART UBV 400, mostrou um valor médio de volume de inseticida depositado significativamente maior em relação ao pulverizador convencional ($F=7,58^{**}$; $DMS=0,039$; $P=0,006$), generalizando-se os volumes. Esse fato demonstra que as pulverizações no pulverizador convencional usaram um volume maior de calda e mesmo assim promoveram desperdício de inseticida associado à contaminação ambiental não havendo a correta utilização dos conceitos de tecnologia de aplicação.

Não houve diferença significativa entre os volumes depositados na parte alta e na parte baixa das plantas amostradas após a pulverização através do SMART UBV 400 ($F=0,262^{ns}$; $DMS= 0,049$; $P=0,609$). Portanto, houve homogeneidade de deposição de inseticida maior para o SMART UBV 400 em relação aos volumes utilizados com o pulverizador convencional. Para esse último, houve diferença significativa entre os valores encontrados na parte alta e baixa ($F=6,652^{*}$; $DMS=0,049$; $P=0,010$), depositando mais na parte baixa das plantas amostradas.

Resultados similares foram encontrados por Miranda et al. (2009), comparando um pulverizador com pontas de pulverização hidráulicas e um pulverizador “Martignani” com pontas de pulverização pneumáticas. No experimento, o autor encontrou valores superiores de homogeneidade de calda depositada em plantas de café para o pulverizador “Martignani” em relação ao que usava pontas hidráulicas, de modo que, para esse último, houve maior depósito na parte inferior

das plantas. O mesmo autor ainda conclui que foi possível reduzir o volume de calda aplicada com o pulverizador “Martignani”, havendo igual eficiência na pulverização.

Os pontos localizados na parte alta das plantas amostradas ($F=12,876^{**}$; $DMS=0,055$; $P=0,000$) e também os localizados nas partes externas ($F=5,499^*$; $DMS=0,055$; $P=0,020$) mostraram valores de volume de inseticida depositado maior para o pulverizador SMART UBV 400, significativamente, em relação ao pulverizador convencional, não havendo diferença entre pulverizadores quanto aos valores encontrados na parte baixa ($F=0,093^{ns}$; $DMS=0,055$; $P=0,760$). A produção de gotas menores e com tamanho mais uniforme pelo SMART UBV 400 proporcionou uma deposição mais homogênea, uma vez que as gotas têm menos energia cinética e ficam suspensas por mais tempo para se depositarem na superfície das folhas.

A distribuição do volume de inseticida nos quatro pontos equidistantes das plantas amostradas após a pulverização, considerando as duas alturas e os cinco volumes, de maneira geral, mostrou-se notadamente diferente entre as partes internas e as partes externas das plantas, de modo que mais inseticida atingiu as partes mais externas em ambas as alturas (Tabela 8 e APÊNDICE V A). Essa dificuldade de penetração, conforme fora explicada no item 3.1. é a responsável por essa diferença, uma vez que as folhas agem como barreira impedindo que as gotas atinjam as partes mais internas das plantas.

Tabela 8. Volume do produto fitossanitário, presente na calda, depositado por cm^{-2} de folhas de café após pulverização nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo). Altinópolis - SP, 2012.

Pontos da planta	Volume de inseticida (nL.cm^{-2})
Alto 1	0,368 a ¹
Alto 2	0,151 b
Alto 3	0,305 a
Alto 4	0,144 b
Baixo 1	0,358 a
Baixo 2	0,166 b
Baixo 3	0,399 a
Baixo 4	0,142 b
CV	54,11
DMS	0,094

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade.

Igualmente à deposição de marcador, a quantidade de inseticida pulverizada que atingiu a superfície das folhas, nos volumes de 200 e 400 L.ha⁻¹, através do pulverizador convencional, aumentou nas partes baixas, uma vez que esses volumes usaram bicos hidráulicos que produzem gotas com amplo espectro de tamanho, depositando as mais pesadas nas partes mais baixas e as mais leves nas partes mais altas (Tabela 9 e APÊNDICE V B). A diferença de altura entre os pulverizadores teve sua influência dirimida uma vez que as amostragens de folhas foram feitas em alturas na planta compatíveis com a faixa útil de gotas pulverizadas por ambos os pulverizadores.

Tabela 9. Volume do produto fitossanitário em nL depositado por cm⁻² de folhas de café após pulverização com pulverizadores e volumes de aplicação nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Altinópolis – SP, 2012.

Vol (L.ha ⁻¹)	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
46	0,46 aAB ¹	0,29 aABC	0,49 Aa	0,31 aABC	0,24 cC	0,31 aABC	0,30 bcABC	0,25 aBC
67	0,44 aAB	0,11 abC	0,27 Bbc	0,14 abC	0,48 abAB	0,08 bC	0,53 aA	0,08 aC
92	0,41 Aa	0,11 abBC	0,27 bABC	0,07 bC	0,30 bcAB	0,17 abBC	0,40 abA	0,08 aC
200	0,34 abBC	0,15 abC	0,31 abC	0,15 abC	0,52 aAB	0,16 abC	0,56 aA	0,22 aC
400	0,20 bA	0,09 bA	0,17 Ba	0,04 bA	0,24 cA	0,11 bA	0,20 cA	0,07 aA
CV	54,31							
DMS ²	0,19							
DMS ³	0,211							

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

De acordo com a tecnologia disposta ao produtor, uma simples adoção ou modificação no pulverizador pode proporcionar reduções significativas no que tange a reduções no volume de calda pulverizada para um determinado alvo. Khot et al. (2012), evidenciaram que, variando-se o volume e velocidade da assistência de ar no pulverizador, é possível atingir o alvo com maiores quantidades do produto, em comparação as modificações da vazão das pontas de pulverização.

Wise et al. (2010), na cultura da uva, não encontraram diferenças significativas na quantidade de marcador Kaolin depositada nos cachos de uva em função de três diferentes volumes de calda pulverizadas através de um pulverizador com bicos rotativos e três volumes pulverizados através de pontas de pulverização

hidráulicas. Entretanto, os autores mostram que o pulverizador com pontas hidráulicas teve os melhores valores de cobertura dentro e fora dos cachos de uva no volume intermediário de 468 L.ha^{-1} , enquanto que, para o pulverizador com bicos rotativos, foi possível utilizar o volume menor de 47 L.ha^{-1} sem que houvesse perda de desempenho do tratamento em comparação aos volumes maiores.

3.4. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO OPERACIONAL DOS PULVERIZADORES

A partir de avaliações dos tempos de trabalho, a Tabela 10 apresenta os valores médios de cada variável da fórmula que determina a capacidade de campo operacional para o conjunto trator-pulverizador, servindo tanto para o pulverizador convencional quanto para o SMART UBV 400, por terem a mesma capacidade de tanque e por serem montado, com o mesmo porte.

Tabela 10. Médias dos tempos da atividade de pulverização coletados e parâmetros utilizados para o cálculo da capacidade de campo operacional dos pulverizadores em função dos volumes de aplicação. Sítio São Luis, Altinópolis - SP, 2012.

Tempo de preparação	T_p (min)	10
Tempo para abastecimento	T_r (min)	8
Largura da faixa de pulv	L (m)	3,5
Comprimento da faixa	C (m)	158
Distância para reabastecimento	d (m)	593
Velocidade de pulverização	V_p (m/min)	106,66
Volume de pulverização	V (L.ha^{-1})	{46, 67, 92, 200, 400}
Velocidade para reabastecimento	V_d (m/min)	122,6
Capacidade do tanque	C_a (L)	400
Tempo de virada	T_v (min)	0,5896

Com as médias desses valores obtidos a campo, na cultura do café, o cálculo da Cco em função dos 5 volumes de aplicação mostrou valores crescentes de área trabalhada por hora, conforme diminuía-se o volume de aplicação, sendo o volume de 46 L.ha⁻¹ o que proporcionou o maior valor (Figura 7).

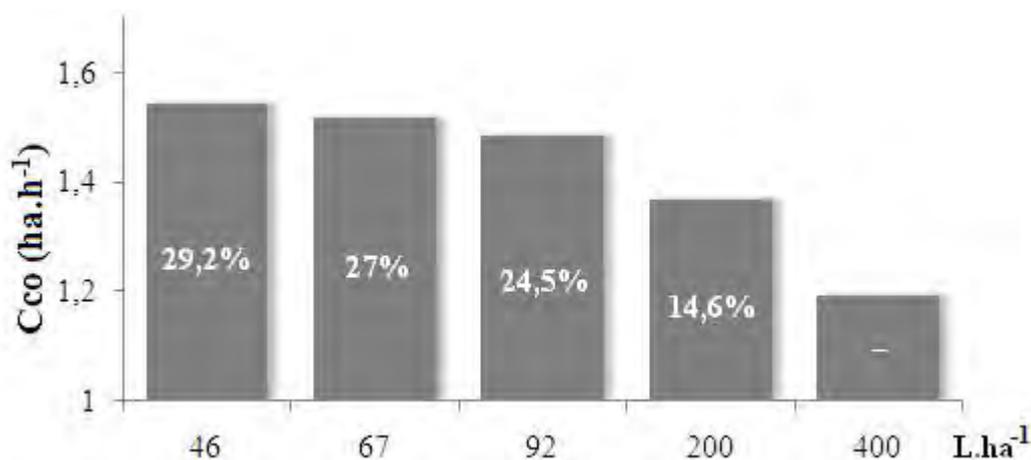


Figura 7. Capacidade de campo operacional do conjunto trator-pulverizador em função dos cinco volumes de aplicação e valores em porcentagem da quantidade a mais de área que poderia ser tratada em uma jornada de oito horas em comparação com o maior volume de 400 L.ha⁻¹. Sítio São Luis, Altinópolis – SP, 2012.

Diante desses resultados, ressalta-se a importância em se conseguir pulverizar áreas maiores em menos tempo de trabalho, o que pode proporcionar ao agricultor trabalhar mais área sob condições meteorológicas mais apropriadas ao tratamento fitossanitário. Se considerarmos uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, em comparação ao maior volume de 400 L.ha⁻¹, os volumes de 200, 92, 67 e 46 L.ha⁻¹ trabalhariam áreas respectivamente maiores nessa jornada de trabalho (Figura 7). Dessa forma, conforme mencionado por Barbosa et al. (2009) é essencial que as máquinas de uma determinada propriedade trabalhem de forma otimizada, de forma a reduzir custos das operações e evitar depreciação decorrentes a um manuseio errôneo das mesmas.

A redução de custos intrínseca a maiores valores de capacidade operacional de pulverizadores encontra-se nos menores gastos com consumo de combustível, menores gastos com mão de obra, menores gastos com depreciação dos equipamentos, além de reduzir o tempo de exposição do operador na aplicação.

Além disso, sob volumes de aplicação menores, há redução de contaminações ambientais atreladas a altos volumes de calda distribuída no meio rural.

4. CONCLUSÕES

O volume de 200 L.ha⁻¹, para o pulverizador convencional, e os volumes de 67 e 92 L.ha⁻¹, para o pulverizador SMART UBV 400, são os mais indicados em relação à pulverização com altos volumes de calda e inseticida depositados em plantas de café.

Tanto para o pulverizador convencional, quanto para o SMART UBV 400, os volumes de aplicação não influenciaram na quantidade de inseticida depositada nas plantas.

O pulverizador SMART UBV 400, nos volumes de 46, 67 e 92 L.ha⁻¹, proporcionou uma maior homogeneidade de calda depositada entre as partes superior e inferior das plantas de café.

Ambos os pulverizadores demonstraram dificuldade em pulverizar as partes mais internas da linha das plantas de café.

Menores volumes de aplicação proporcionaram maiores capacidades de campo operacionais, levando a uma atividade otimizada com redução de custos durante o tratamento fitossanitário.

5. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL, Anuário da agricultura brasileira. 16. ed. São Paulo: AgraFNPConsultoria & Agroinformativos, 2012. p. 199-210.

ARAÚJO, D. de. **Interferência do volume de pulverização no controle da mancha preta (*Guignardia citricarpa* Kiely) em frutos de laranjeira 'Valência'**. 2008. 94f. Dissertação (Mestrado em proteção de plantas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2008.

BARBOSA, A. L. P. B.; LOPES, A.; FERREIRA, M. C.; CAMARA, F. T. da; SILVA, R. P. da. Avaliação operacional de conjunto trator-pulverizador. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v. 17, n. 1, p. 42-49, 2009.

BÓCOLI, M. A.; MIRANDA, G. R. B.; CARVALHO, A. R.; ALVES, A. D. Quantificação de depósitos do pulverizador tipo canhão em lavoura cafeeira com espaçamento convencional. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, n. 2, 2012.

BUISMAN, P.; SUNDARAM, K. M. S.; SUNDARAM, A.; TRAMMEL, K. Field deposit patterns of a diflubenzuron spray mix, after application to an apple orchard using an air-blast sprayer; and a laboratory evaluation of physical properties and atomization characteristics. **Journal of environmental Science and Health**, v. 24, p. 389-411, 1989.

CHAGAS, K.; ROCHA NETO, F. C.; RODRIGUES, J. O.; NASCIMENTO, A. F.; VITÓRIA, E. L. da. Rendimento operacional de um pulverizador de barras em diferentes pressões de serviço e velocidade. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 8, n. 14, p. 827-832, 2012.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 130-135, 2010.

GILES, D. K.; ANDERSON, P. G.; NILARS, M. Flow control and spray cloud dynamics from hydraulic atomizers. **Trans. ASABE**, v. 45, p. 539-546, 2002.

HARTLEY, B.S.; BRUNSKILL, R.T. Reflection of water drops from surfaces. In: DANIELLI, J.F., PANKHURST, K.G.A., RIDDIFORD, A.C. (Eds.). **Surface Phenomena in Chemistry and Biology**. Pergamon Press, New York, NY, 1958. p. 402-469.

HIMEL, C. M.; UK, S. The biological optimum spray droplet size. In: International Agricultural Aviation Congress, 5., 1975. **Proceeding...** 1975.

JUST, F.; SANCHEZ, S.; IBAÑEZ, R.; VAL, L.; GARCIA, C. Measurement of spray deposition and efficiency of pesticide application in citrus orchards. **Ag. Eng**, Paris. v. 46, p. 187-196, 1990.

KHOT, L. R.; EHSANI, R.; ALBRIGO, G.; LARBI, P. A.; LANDERS, A.; CAMPOY, J.; WELLINGTON, C. Air-assisted sprayer adapted for precision horticulture: Spray patterns and deposition assessments in small-sized citrus canopies. **Biosystems Engineering**, United States of America, v. 113, p. 76-85, 2012.

MACHADO-NETO, J. G.; MATUO, T. Avaliação de um amostrador para estudo da exposição dérmica de aplicadores de defensivos agrícolas. **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v. 4, n. 2, p. 22, 1989.

MATUO, T. Técnicas de pulverização em citros - Fatores relacionados com o custo operacional. **Laranja**, Cordeirópolis, n. 4, p. 257-67, 1983.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.

MEWES, W. L. C.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; CECON, P. R.; ALVARENGA, C. B. de. Deposição de calda em eucalipto, utilizando pulverização pneumática. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 283-288, 2011.

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; CUNHA, M. D. Q.; PINHEIRO, J. M.; CARVALHO, R. H.; GONÇALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; SILVA, V. C. Influência do volume de calda na qualidade da pulverização no interior da copa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) – Papéis hidrossensíveis. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 6., 2009, Vitória. **Resumos...** Vitória, 2009.

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; SILVA, V. C.; CUNHA, M. D. Q.; CARVALHO, R. H.; PINHEIRO, J. M.; GONCALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; ARAÚJO, D. de. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, p. 15-20, 2012.

MOUNT, G. A. Optimum size for adult mosquito control with space sprays or aerosols of insecticides. **Mosquito News**. 1970, v. 30, n. 1, p. 70-75.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J.G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Florida, v. 70, n. 3, p. 415-421, 2003.

PLANAS, S.; PONS, L.: Practical considerations concerning pesticide application in intensive apple and pear orchards. BCPC-Monograph. 1991, No. 46, 45-52. Air assisted spraying in crop protection. In: Symposium organized by the British Crop Protection Council and the Association of Applied Biologists, 1991, Swansea. **Proceedings...** Swansea, University College, UK, 1991, p. 7-9.

RAETANO, C.G.; SCUDELER, F.; BAUER, F.C.; VENEGAS, F.; VINCHI, R.R.. Avaliação da cobertura de pulverização com diferentes equipamentos e condições operacionais na cultura do café. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente - SINTAG, 2., 2001, Jundiaí. **Resumos...** Jundiaí, 2001.

RAISIGL, U.; FELBER, H.; SIEGFRIED, W.; KREBS, C. Comparison of different mistblowers and volume rates for orchards spraying. BCPC-Monograph. 1991, No. 46, 185⁻¹ 96; Air-assisted spraying in crop protection. In: Symposium organized by the British Crop Protection Council and the Association of Applied Biologists, 1991, Swansea. **Proceedings...** Swansea, University College, UK, 1991, p. 7-9.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, n. 27, p. 56-65, 2007.

SCANDELAI, L. H. M. **Interferência do volume de calda sobre a deposição e coberturada pulverização com e sem surfatante em inflorescências delaranja doce**. 2011. 39f. Dissertação (mestrado em Fitossanidade) - Fundo de Defesa da Citricultura, 2011.

SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume de aplicado**. 2006. 47f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade estadual do oeste do Paraná, 2006.

SMITH, D. B.; ASKEW, S. D.; MORRIS, W. H.; SHAW, D. R.; BOYETTE, M. Droplet size and leaf morphology affects on pesticide spray deposition. **Trans. ASABE**, v. 43, n. 2, p. 255-259, 2000.

USDA NASS (United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service), 2008. 2007 Farm Production Expenditures Summary.

WISE, J. C.; JENKINS, P. E.; SCHILDER, A. M. C.; VANDERVOORT, C.; ISAACS, R. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, v. 29, p. 378-385, 2010.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; GULER, H.; KRAUSE, C. R.; OZKAN, H. E. Foliar deposition and off-target loss with different spray techniques in nursery applications. **Transactions of ASABE**, v. 49, n. 2, p. 325-334, 2006.

CAPÍTULO 4. INFLUÊNCIA DOS VOLUMES DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DE *Leucoptera coffeella* NA CULTURA DO CAFÉ

RESUMO - A cafeicultura no Brasil é onerada devido à ocorrência de pragas, destacando-se *Leucoptera coffeella* (Guérin – Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) pelo uso de produtos fitossanitários associado a altos volumes de calda. Foram comparados um pulverizador convencional com pontas de pulverização hidráulicas, a 200 e 400 L.ha⁻¹, e um pulverizador de volume ultra baixo (UBV), com pontas de pulverização pneumáticas, a 20, 30 e 40 e 46, 67 e 92 L.ha⁻¹, respectivamente, no primeiro e segundo testes, para controlar *L. coffeella*. Coletaram-se folhas de café anteriormente e 7, 14 e 21 dias após a pulverização (DAP). Avaliaram-se as variáveis número de larvas vivas e mortas, folhas minadas, número de ovos e de larvas de *L. coffeella* parasitadas. O delineamento foi em esquema fatorial 6 x 4 tratamentos em blocos casualizados com quatro repetições. No primeiro teste, 200 L.ha⁻¹ mostrou os melhores resultados e eficiência de pulverização. Melhores controles foram encontrados a 21 DAP. No segundo teste, 46, 67, 92, 200 e 400 L.ha⁻¹ tiveram eficiência de pulverização satisfatória e foram iguais em relação ao número de larvas mortas. Pode-se reduzir o volume de aplicação recomendado pela metade com pulverizador convencional e, com pulverizador UBV, reduzir a 92 L.ha⁻¹ para controlar *L. coffeella* em plantas de café.

PALAVRAS-CHAVE: bicho mineiro, baixo volume, bico pneumático, atomizador

CHAPTER 4. INFLUENCE OF SPRAYING LIQUID VOLUMES FOR THE CONTROL OF *Leucoptera coffeella* IN COFFEE PLANTS

ABSTRACT - Coffee plantations in Brazil are encumbered by pests occurrences, highlighting *Leucoptera coffeella* (Guérin – Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) as responsible pesticides used associated with high spraying liquids volumes. It were compared a conventional sprayer, equipped with hydraulic nozzles, at 200 and 400 L.ha⁻¹ and an ultra low volume (ULV) sprayer, equipped with pneumatic nozzles, at 20, 30, 40 and 46, 67, 92 L.ha⁻¹, respectively on the first and second trials to the control of *L. coffeella*. Coffee leaves were collected previously and at 7, 14 and 21 days after spray (DAS). Were evaluated the number of live and dead larvae, mined leaves, number of eggs and parasitized larvae of *L. coffeella*. The experiments design relied upon a Factorial schema of 6x4 treatments in randomized blocks with four repetitions. In the first experiment, 200 L.ha⁻¹ showed the best results and spray efficiency. Results of better control were found on the 21 DAS. In the second experiment, 46, 67, 92, 200 and 400 L.ha⁻¹ had satisfactory spray efficiency and were equal in relation to dead larvae number. The spray efficiency was high for. It is possible to reduce the recommended spray volume by half using the conventional sprayer and, with ULV sprayer, at 92 L.ha⁻¹ for *L. coffeella* control in coffee plants.

KEY WORDS: leaf miner, low volume, pneumatic nozzle, atomizer

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura no Brasil estende-se por grandes áreas, favorecendo populações de insetos hospedeiros, que vêm a se tornar significativamente prejudiciais e demandam inspeção e controle de suas populações a fim de que a produção, ao final de cada ciclo, seja assegurada (MATIELLO et al., 2006).

Entre as principais pragas das lavouras de café está a *L. coffeella* (Guérin – Mènevillè & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), que é uma praga exótica e encontra-se em plantações por todo o mundo, sendo caracterizada como praga primária nas regiões de produção mais importantes do Brasil, requerendo controle periódico (PARRA et al., 1981; GREEN, 1984; MORAES, 1998).

O controle predominante de *L. coffeella* nas lavouras é o químico e representa em torno de 10 a 15% dos custos de produção, variando com o tipo de condução, produtividade da cultura e preço do café (AGRIANUAL, 2012).

Uma vez presentes na lavoura, fêmeas de *L. coffeella* põem ovos de formato achatados, brancos e brilhantes (Figura 2E), de onde as larvas eclodem e penetram as folhas através da face superior (Figura 2B), iniciando a alimentação no tecido paliádico (Figura 2C) (TUELHER et al., 2003; MATIELLO et al., 2006). A epiderme e os tecidos da folha no local de alimentação da larva tornam-se necróticos e destacam-se facilmente (GALLO et al., 2002).

Conforme Toledo Filho (1982), em virtude de altas ocorrências de *L. coffeella*, cerca de 61% de folhas lesionadas desprendem-se das plantas e, independentemente do tamanho da lesão, há redução de 50% da atividade fotossintética. Portanto, não havendo controle, as infestações podem resultar em perdas de até 80% na produção de grãos de café (REIS; SOUZA, 2002).

A permanência das larvas de *L. coffeella* dentro das minas dificulta o seu contato com produtos fitossanitários aplicados via pulverização. Para haver um maior contato dos produtos com as larvas, tradicionalmente as pulverizações são realizadas com altos volumes de calda, aplicando-se além do ponto de máxima retenção pelas folhas (CAMARGO; SILVA, 1975; MATUO, 1990; PRATES, 1991). T

Existe a consciência de se reduzir os volumes aplicados, dirimir os custos e contaminações do ambiente e manter ou aumentar a eficiência da pulverização com

ganho em capacidade operacional, permitindo trabalhar áreas maiores sob condições climáticas mais favoráveis (SILVA, 1999).

Pulverizadores munidos de bicos pneumáticos, que usam a força do vento para produzir as gotas, são recomendados à categoria de pulverização a volume ultra baixo, pois geram um ótimo espectro de tamanho e uniformidade de gotas (MOUNT, 1998). De acordo com Miranda et al. (2012), utilizando-se um pulverizador com bicos pneumáticos, foi possível obter uma pulverização mais homogênea em relação as partes interna e externa do dossel das plantas de café.

As gotas produzidas a partir desses bicos caracterizam-se por serem muito pequenas, necessitando da adição de algum adjuvante à calda capaz de protegê-las, como por exemplo, óleo mineral ou vegetal, reduzindo, principalmente, perdas por evaporação em situações climáticas desfavoráveis (KISSMANN, 1998).

Devido aos impactos do tratamento fitossanitário nas lavouras de café, relacionado aos custos, qualidade dos grãos, ambiente e saúde dos trabalhadores, estudos são necessários para minimizar desperdícios e maximizar a eficiência da operação buscando a melhor tecnologia de aplicação a ser utilizada durante a operação. Neste sentido, o presente trabalho objetivou avaliar o controle de *L. coffeella* em plantas de café utilizando-se um pulverizador convencional com bicos hidráulicos e outro pulverizador equipado com bicos pneumáticos, com reduções nos volumes de aplicação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO

Os trabalhos foram instalados em área estabelecida com a cultura do café na Fazenda São José, município de Altinópolis – SP, 21°00'41"S e 47°25'36"O, 975 m de altitude (Figura 1). A precipitação anual média do local é de 1.338 mm e a classificação climática é Cwa – Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (KÖPPEN, 1936; CEPAGRI, 2012).

A presença de *L. coffeella* nesta propriedade encontrava-se em níveis populacionais adequados ao experimento, acima de 40% de folhas minadas na época seca do ano e acima de 20% após os meses chuvosos, o que justificou as pulverizações (GALLO et al., 2002). As parcelas escolhidas continham plantas homogêneas em sua arquitetura, que foram distribuídas em um delineamento experimental em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Foi avaliada a eficácia de seis volumes de aplicação em quatro datas em relação à pulverização, conforme será descrito adiante. Cada parcela foi constituída por 5 linhas espaçadas por 3,5 m com comprimento de 15 metros, correspondendo a uma área de 262,5 m², para que não houvesse influência dos tratamentos adjacentes.



Figura 1. A. Vista superior do Sítio São José. B. Vista inclinada do Sítio São José, podendo ser vista ao fundo, a cidade de Altinópolis-SP, Brasil. Foto: Google Earth, 2011.

2.2. ÉPOCA DE INSTALAÇÃO

Os experimentos foram instalados entre outubro de 2011 e abril de 2012. Em 2011, as atividades de pulverização a campo foram realizadas em 17 de outubro e, em 2012, no dia 24 de abril, de modo que as análises de folhas ocorreram aos 7, 14 e 21 dias após as pulverizações (DAP). Para a região, esses períodos correspondem às épocas de maior ocorrência do inseto e das pulverizações para controle, conforme condições climáticas favoráveis (SOUZA et al., 1998).

As precipitações pluviométricas foram registradas em pluviômetro (Tabela 1). No dia 25 de outubro de 2011 houve uma precipitação de 25 mm, ao passo que no ano 2012 não houve influência das precipitações no período do experimento. Uma vez influenciada pela ocorrência de chuva (SOUZA et al., 1998), os dados de precipitação pluviométrica foram anotados na propriedade para ajudar a

compreender possíveis variações populacionais do inseto. Durante as pulverizações não houve interferência das condições meteorológicas, de modo que a temperatura do ambiente, umidade relativa do ar e velocidade do vento não proporcionaram perdas na qualidade do tratamento.

Tabela 1. Dados de precipitações pluviométricas por dia nos meses em que ocorreram nos experimentos. Altinópolis-SP.

Data	Precipitações pluviométricas (mm) em função dos dias do mês													
	1	2	3	9	12	14	15	16	17	21	22	23	25	27
out/11		27		45	12	53		25	12					27
nov/11					13	42	47				36	15		6
abril/12			6	7						4				22
maio/12					15	28							8	

Os pulverizadores utilizados nos dois experimentos, bem como os tratamentos empregados estão descritos na Tabela 2. Para todos os volumes de calda, foi mantida a mesma dosagem de 800 mL.ha⁻¹ do produto fitossanitário profenofós (50%) + lufenuron (5%) (Curyom[®] 550 CE) (55% i.a. g/L). Este produto pertence ao grupo dos organofosforados e ao grupo químico das aciluréias, conforme recomendação do fabricante do produto, para o controle de *L. coffeella*, manifestando efeito por período de até 60 dias. Em função da necessidade de controle de outras moléstias na área dos experimentos, as avaliações foram feitas até 21 dias após a pulverização, liberando as parcelas para pulverizações para outros alvos. Nos tratamentos, variou-se, portanto, somente o veículo água + óleo mineral, refletindo nos volumes de aplicação (Tabela 2).

Tabela 2. Volumes de calda mais óleo mineral aplicados para cada tratamento em função dos testes 1 (ano de 2011) e 2 (ano de 2012).

Teste	Tratamento	Volume de aplicação (L.ha ⁻¹)
1	1	20
	2	SMART 400 UBV [®]
	3	
	4	
	5	Convencional
	6	Testemunha
2	1	46
	2	SMART 400 UBV [®]
	3	
	4	
	5	Convencional
	6	Testemunha

2.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Cada experimento contou com delineamento em blocos casualizados com 5 tratamentos mais uma testemunha em quatro repetições. Considerou-se 4 épocas de coleta, sendo uma prévia e aos 7, 14 e 21 DAP.

2.4. AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE *L. coffeella*

Para o acompanhamento da dinâmica populacional de *L. coffeella*, foi realizada uma coleta de folhas previamente à pulverização e três sucessivas coletas de folhas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação. Foram coletadas 25 folhas do terceiro ou quarto pares de folhas a partir da ponta de ramos do terço médio de plantas úteis (MORAES, 1998) de cada parcela. Foram avaliadas as variáveis número folhas minadas, número de larvas vivas, número de larvas mortas, número de ovos e número de larvas de *L. coffeella* parasitadas por *Cirrospilus* sp. (Figura 2).

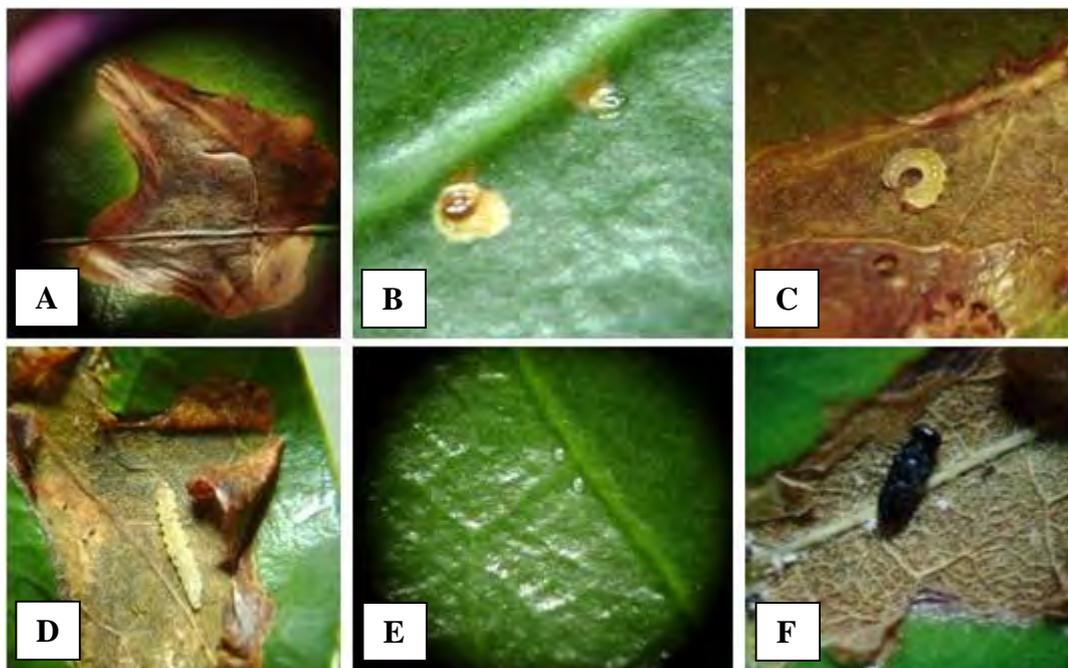


Figura 2. Imagens vistas com auxílio de microscópio estereoscópico. A e B. Caracterização de folha minada. C. Larva viva retirada de uma mina nova. D. Larva morta encontrada em uma mina nova. E. Dois ovos colocados sobre uma folha de café. F. Pupa do parasitóide *Cirrospilus* sp. desenvolvida em larva de *Leucoptera coffeella*. Jaboticabal – SP, 2012.

As avaliações ocorreram no Núcleo de Ensino e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação, Departamento de Fitossanidade, campus da UNESP de Jaboticabal – SP, com o auxílio de um microscópio estereoscópico (40x) e de um estilete de ponta fina para abertura das minas, de modo que as contagens foram realizadas nas 24 horas seguintes às coletas no cafezal.

Foram necessárias transformações estatísticas para todas as variáveis a fim de estabilizar a variância de seus respectivos resíduos. As transformações utilizadas foram raiz (x) para número de folhas minadas; $\log(x+1)$ para número de larvas mortas e número de larvas parasitadas; $\log(x)$ para número de minas novas e número de ovos. A contagem de larvas parasitadas baseou-se no número de pupas de *Cirrospilus* sp. encontradas nas minas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias de cada tratamento submeteram-se ao teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de significância. Foi feito cálculo de eficiência das pulverizações considerando-se a população de larvas vivas através da fórmula de Henderson & Tilton (1955).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. NÚMERO DE LARVAS DE *L. coffeella* MORTAS

Na pulverização realizada no ano 2011, houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao número de larvas de *L. coffeella* mortas, destacando-se os tratamentos a 200 e a 400 L.ha⁻¹, ou seja, com pulverizador convencional, por serem os únicos a manifestar diferença significativa em relação à testemunha, sobressaindo o tratamento 200 L.ha⁻¹, como sendo o melhor tratamento (Tabela 3). Esses volumes proporcionaram maior chegada das gotas sobre as folhas, o que possivelmente justifica o melhor controle. Ademais, o volume de 400 L.ha⁻¹ não resultou em maior controle do inseto, uma vez que, mudando-se as pontas de pulverização e mantendo a dosagem de produto fitossanitário por hectare, o número de larvas mortas com o volume de 200 L.ha⁻¹ não diferiu do volume convencional de 400 L.ha⁻¹.

Os tratamentos a 20, 30 e 40 L.ha⁻¹ não diferiram da testemunha e, apesar de também não diferirem significativamente do tratamento 400 L.ha⁻¹, resultaram em menor controle de *L. coffeella* com diferença significativa dos volumes de 20 e 30 L.ha⁻¹ em relação à 200 L.ha⁻¹ (Tabela 3). Isso pode ser explicado devido à configuração do equipamento de volume ultra baixo, que não favoreceu a pulverização, com o jato direcionado para trás em volumes ultra baixos para que gotas pudessem ser produzidas com um tamanho e energia suficientes para se depositarem no alvo e resultarem em controle das larvas, em relação ao convencional.

Tabela 3. Efeito dos volumes de pulverização e das épocas de avaliação do primeiro e segundo experimento sobre a variável larvas mortas de *L. coffella* na cultura do cafeeiro. Altinópolis – SP, 2011 e 2012.

Tratamentos		Dias após a pulverização			
Ano 2011	Médias	7 DAP	14 DAP	21 DAP	
20 L.ha ⁻¹	0,44 a ¹	0,19 a AB	0,80 ab C	0,63 a BC	
30 L.ha ⁻¹	0,50 a	0,46 ab AB	0,79 ab B	0,57 a AB	
40 L.ha ⁻¹	0,68 abc	0,65 ab AB	0,95 ab B	0,72 a AB	
200 L.ha ⁻¹	0,92 c	0,99 b AB	1,11 b B	1,00 a AB	
400 L.ha ⁻¹	0,78 bc	0,89 b A	0,98 ab A	0,90 a A	
Testemunha	0,52 ab	0,15 a A	0,58 a AB	0,68 a B	
CV (%)	39,76	39,76	39,76	39,76	
DMS ²	0,26	0,53	0,53	0,53	
DMS ³	-	0,47	0,47	0,47	
Ano 2012	Médias	7 DAP	14 DAP	21 DAP	
46 L.ha ⁻¹	0,59 a	0,15 a A	0,90 a B	0,73 a B	
67 L.ha ⁻¹	0,54 a	0,15 a A	0,74 a B	0,75 a B	
92 L.ha ⁻¹	0,63 a	0,24 a A	0,98 a B	0,72 a B	
200 L.ha ⁻¹	0,59 a	0,39 a A	0,85 a A	0,57 a A	
400 L.ha ⁻¹	0,52 a	0,31 a A	0,50 a A	0,65 a A	
Testemunha	0,70 a	0,31 a A	0,98 a B	0,70 a AB	
CV (%)	43,89	43,89	43,89	43,89	
DMS ²	0,27	0,55	0,55	0,55	
DMS ³	-	0,49	0,49	0,49	

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de tukey a 5%. Diferença mínima significativa para colunas² e linhas³.

Observa-se uma redução das médias de larvas mortas no ano 2011 dos 14 DAP para os 21 DAS (Tabela 3 e APÊNDICE VI A). Uma precipitação pluviométrica de 27 mm ocorreu 6 dias antes dos 21 DAP, de modo que, esse evento pode ter contribuído para que a população de larvas vivas diminuísse, bem como a porcentagem de larvas mortas aumentasse. De acordo com Campos et al. (1989), a população de *L. coffeella* decresce ao final das estações secas, logo após as primeiras precipitações. Assim sendo, de maneira geral, a população de larvas de *L. coffeella* diminuiu com o passar das avaliações, demonstrando o efeito direto da pulverização realizada.

Landers et al. (2000), usando um pulverizador de jato transportado com bicos rotativos, pulverizando 281 L.ha⁻¹, encontrou melhor resultado no controle de pragas

na cultura da uva (*Vitis vinifera* L.), quando comparado a outro pulverizador com bicos hidráulicos, pulverizando 468 L.ha⁻¹.

No ano 2012, embora não houve diferenças entre os tratamentos e a testemunha (Tabela 3), diferentemente dos tratamentos com volume ultra baixo pulverizados no ano 2011, os volumes de 46, 67 e 92 L.ha⁻¹ promoveram uma melhor pulverização por conta de modificações no pulverizador tais como aumento no número de bicos, mudança dos mesmos para jato plano, direcionamento perpendicular do jato, bem como o aumento do volume pulverizado em si, proporcionando uma melhor chegada do produto fitossanitário nas folhas de café. Esse fato pode ser atribuído à formação de gotas de espectro maior e mais bem distribuídas em função do maior número de bicos.

Essa diminuição do volume de pulverização não tem relação com a eficácia do produto fitossanitário (MOUNT et al., 1968; FERNANDES et al., 2010), uma vez que em uma aplicação a volume ultra baixo, por meio de produtos indicados em altas concentrações na calda, pode-se obter igual ou superior controle quando comparado a uma pulverização a alto volume. Portanto, uma correta regulagem e calibração de um determinado pulverizador adequado, com um produto fitossanitário em mistura com água e adjuvante, são responsáveis por uma aplicação eficaz e eficiente (WISE et al., 2010; NORDBO, 1992). Entretanto, pode-se reduzir o volume de aplicação até um determinado limite, de acordo com a tecnologia de pulverização utilizada (MAAS, 1971).

Em ambos os experimentos, os volumes de 200 e 400 L.ha⁻¹ foram os que resultaram na morte das larvas mais rapidamente, em relação aos volumes ultra baixos, não havendo diferença significativa entre as avaliações (APÊNDICE VI). No ano 2012, no entanto, os volumes ultra baixos resultaram em mais larvas mortas encontrados aos 14 e 21 DAP, em relação aos volumes de 200 e 400 L.ha⁻¹, demonstrando um efeito de controle de *L. coffeella* mais tardio. Para os maiores volumes, o contato da larva com o ingrediente ativo possivelmente foi mais rápido e resultou em mortes mais rápidas em relação aos volumes baixos. Porém, aos 21 DAP, os números mostram médias de larvas mortas maiores nos tratamentos a 46, 67 e 92 L.ha⁻¹, de modo que há efeito significativo desses volumes no controle das larvas (Tabela 3 e APÊNDICE VI B).

3.2. EFICIÊNCIA DA PULVERIZAÇÃO

A eficiência da pulverização, calculada com base no número de larvas de *L. coffeella* vivas, no experimento do ano 2011 variou menos no volume de 200 L.ha⁻¹, mostrando-se a maior na primeira avaliação, perante os demais volumes. Os volumes ultra baixos foram os que apresentaram as menores eficiências, de maneira geral (Figura 3). Aos 21 DAP, tanto a eficiência de 100% para 30 L.ha⁻¹, quanto zero% para 40 L.ha⁻¹, são valores extremos decorrentes da metodologia do cálculo. Porém, de acordo com as avaliações anteriores, entende-se como sendo volumes impróprios para o controle de *L. coffeella*.

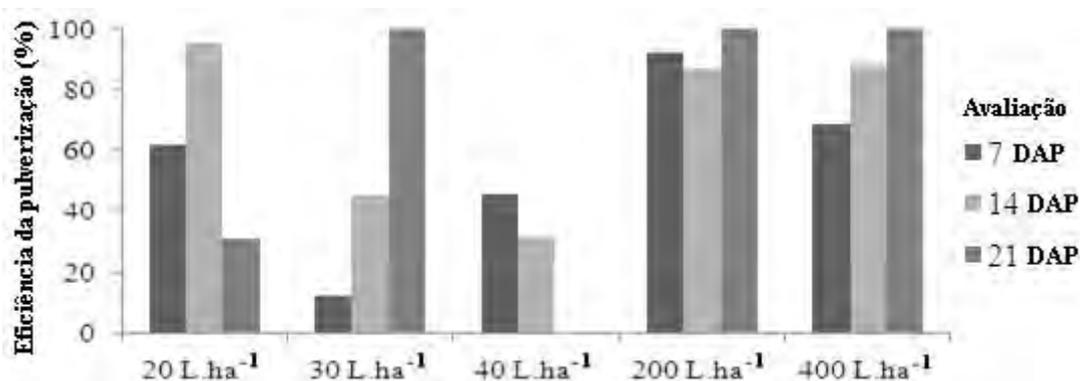


Figura 3. Porcentagem de eficiência no controle de *Leucoptera coffeella* em função de diferentes volumes de aplicação em café no primeiro experimento. Altinópolis-SP, 2011.

No ano 2012, a eficiência da pulverização foi maior para o volume 200 L.ha⁻¹ aos 21 DAP. Porém, o volume de 400 L.ha⁻¹ resultou em menor variação da eficiência durante as avaliações. Os volumes ultra baixos apresentaram boas eficiências, destacando-se o volume de 92 L.ha⁻¹ (Figura 4). De maneira geral, aos 21 DAP, todos os volumes mostraram eficiência de pulverização satisfatórias acima de 80%. A quantidade de água não teve efeito direto sobre o controle do alvo, podendo ser diminuída na calda de pulverização sem perda na eficácia, conforme resultados similares encontrados por Wise et al. (2010). O mesmo autor mostrou que um pulverizador com bicos pneumáticos foi capaz de controlar mais eficientemente *Paralobesia viteana* (Clemens, 1860) (Lepidoptera: Tortricidae) em uva, com o volume de 47 L.ha⁻¹, comparando-se com outro pulverizador aplicando altos

volumes, através de bicos hidráulicos. Magno Júnior et al. (2011) encontraram resultados superiores de densidade de gotas e cobertura na parte externa do dossel de plantas de citros, comparado às partes mais internas da planta, através de pulverização pneumática e eletrostática.

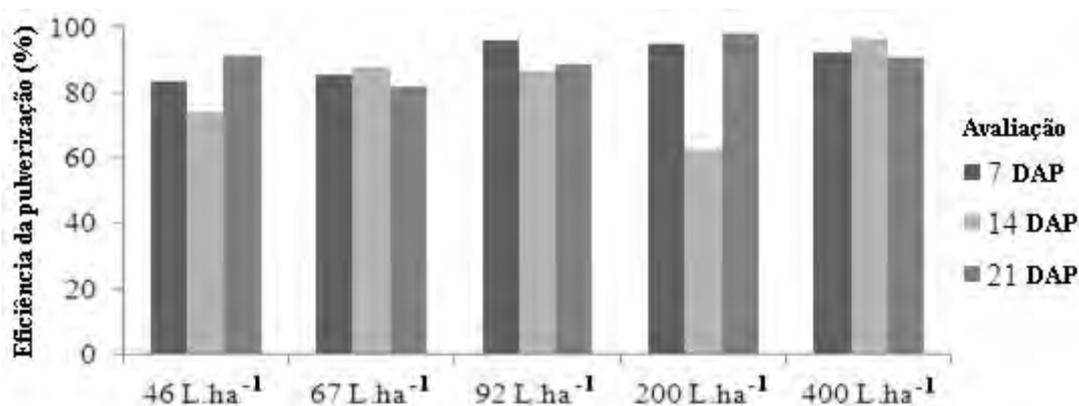


Figura 4. Porcentagem de eficiência no controle de *Leucoptera coffeella* em função de diferentes volumes de aplicação em café no segundo experimento. Altinópolis-SP, 2012.

Os maiores valores de eficiência de pulverização relacionam-se a uma diminuição da população de larvas vivas. Houve, portanto, uma diminuição de larvas vivas nas parcelas dos tratamentos, entre a prévia e 7 DAP, ocorrendo aumentos contínuos durante as próximas avaliações. Portanto, aos 7 DAP, todos os tratamentos com pulverização surtiram efeito e não diferiram entre si, destacando-se os três maiores volumes de 92, 200 e 400 L.ha⁻¹.

Aos 14 DAP, os volumes 400 e 67 L.ha⁻¹ foram os melhores, seguidos por 92 e 46 L.ha⁻¹. Aos 21 DAP, os volumes 200, 400, 46 e 67 L.ha⁻¹ foram os melhores, não diferindo entre si (Figura 4). De maneira geral, todos os volumes mostram altos valores de eficiência, porém, os volumes de 92, 200 e 400 foram os melhores por resultarem em altas eficiências e menores variações desse valor no decorrer das avaliações.

Os resultados obtidos em ambos experimentos são válidos para o espaçamento entre plantas utilizado na propriedade. Caso a área possua plantas em condições diferentes (tamanho e espaçamento) a necessidade de volume também pode ser diferente.

3.3. NÚMERO DE FOLHAS MINADAS, NÚMERO DE OVOS E LARVAS DE *L. coffeella* PARASITADAS

No ano 2011, para as variáveis número de folhas minadas e o número de ovos de *L. coffeella*, não houve diferença entre os volumes pulverizados e a testemunha. No entanto, houve uma redução significativa no número de folhas minadas no decorrer das avaliações, de modo que aos 21 DAP encontraram-se os menores números para a variável, refletindo a influência positiva dos tratamentos (Tabela 4 e Figura 5B). Para o número de ovos de *L. coffeella*, houve uma redução de seu valor entre 7 e 14 DAP, podendo ter sido indiretamente causada pela morte de adultos de *L. coffeella* após a pulverização. Um aumento considerável no número de ovos encontrados aos 21 DAP pode ser atribuído à migração de novos insetos adultos na área (Figura 5A).

Tabela 4. Efeito dos volumes de pulverização nos dois experimentos sobre as variáveis relacionadas a *Leucoptera coffeella* na cultura do café, considerando a média das três amostragens após a pulverização. Altinópolis – SP, 2011.

Ano 2011	Folhas minadas	Número de ovos	Larvas parasitadas
20 L.ha ⁻¹	2,87 a ¹	0,60 a	0,12 a
30 L.ha ⁻¹	2,96 a	0,74 a	0,19 a
40 L.ha ⁻¹	3,25 a	0,74 a	0,16 a
200 L.ha ⁻¹	3,05 a	0,92 a	0,19 a
400 L.ha ⁻¹	3,02 a	1,01 a	0,13 a
Testemunha	3,22 a	0,65 a	0,15 a
CV (%)	21,98	46,28	146,94
DMS	0,81	0,43	0,28
Ano 2012	Folhas minadas	Número de ovos	Larvas parasitadas
46 L.ha ⁻¹	2,73 ab ¹	0,73 ab	0,38 a
67 L.ha ⁻¹	2,82 ab	0,67 a	0,31 a
92 L.ha ⁻¹	2,84 ab	0,69 a	0,31 a
200 L.ha ⁻¹	2,65 ab	0,85 ab	0,20 a
400 L.ha ⁻¹	2,31 a	0,58 a	0,21 a
Testemunha	3,15 b	1,19 b	0,11 a
CV (%)	23,42	53,73	99,78
DMS	0,77	0,5	0,3

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de comparação múltiplas de Tukey a 5%.

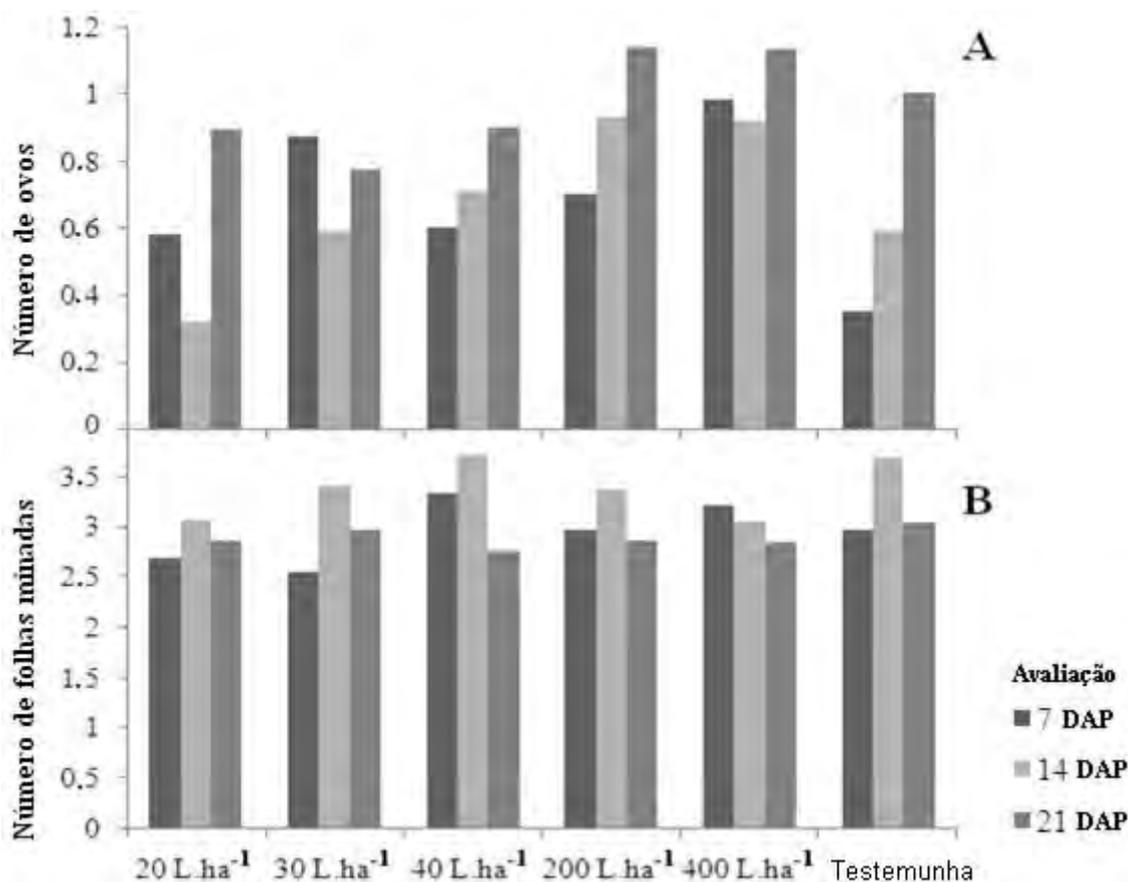


Figura 5. Evolução dos valores das variáveis relacionadas a *Leucoptera coffeella* no decorrer das três avaliações após a pulverização em função dos volumes de aplicação no primeiro experimento (ano 2011). A. Número de ovos. B. Número de folhas minadas.

Ainda no ano 2011, o número de ovos variou aos 7 DAP, destacando-se o tratamento 400 L.ha⁻¹, por apresentar maior valor, diferindo significativamente da testemunha. Aos 14 DAP, o número de ovos foi maior para os tratamentos 200 e 400 L.ha⁻¹, ao passo que 21 DAP não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 4). O número de ovos diminuiu em todos os tratamentos 7 DAP, e começou a aumentar no decorrer das próximas avaliações. Os volumes menores foram possíveis através da redução do tamanho das gotas de pulverização. Gotas menores são capazes de controlar com maior eficiência adultos de *L. coffeella* e, dessa forma, diminuindo a ocorrência de ovos na superfície das folhas de café. Gotas grandes estão sob forte influência da força da gravidade, depositando-se mais rapidamente, ao passo que gotas menores ficam suspensas por mais tempo (SPILLMAN, 1984).

Em 2012, as variáveis número de folhas minadas e número de ovos mostraram que os volumes diferiram significativamente da testemunha. Essas variáveis tiveram uma redução após a pulverização, porém sofreram um aumento no decorrer das avaliações (Tabela 4 e Figura 6B).

Aos 7 DAP, a redução no número de ovos e número de folhas minadas é resultado é reflexo da diminuição da atividade de adultos de *L. coffeella*, causada pela morte ou emigração dos mesmos após ser realizada a pulverização na área (Figura 6A). Porém, os aumentos no decorrer das próximas avaliações sugerem uma ressurgência de insetos adultos na área (Figura 6A).

O número de larvas de *L. coffeella* parasitadas não diferiu significativamente entre os tratamentos e entre os períodos de avaliação, não havendo influência da pulverização na população de insetos parasitóides no primeiro e no segundo experimento (Tabela 4).

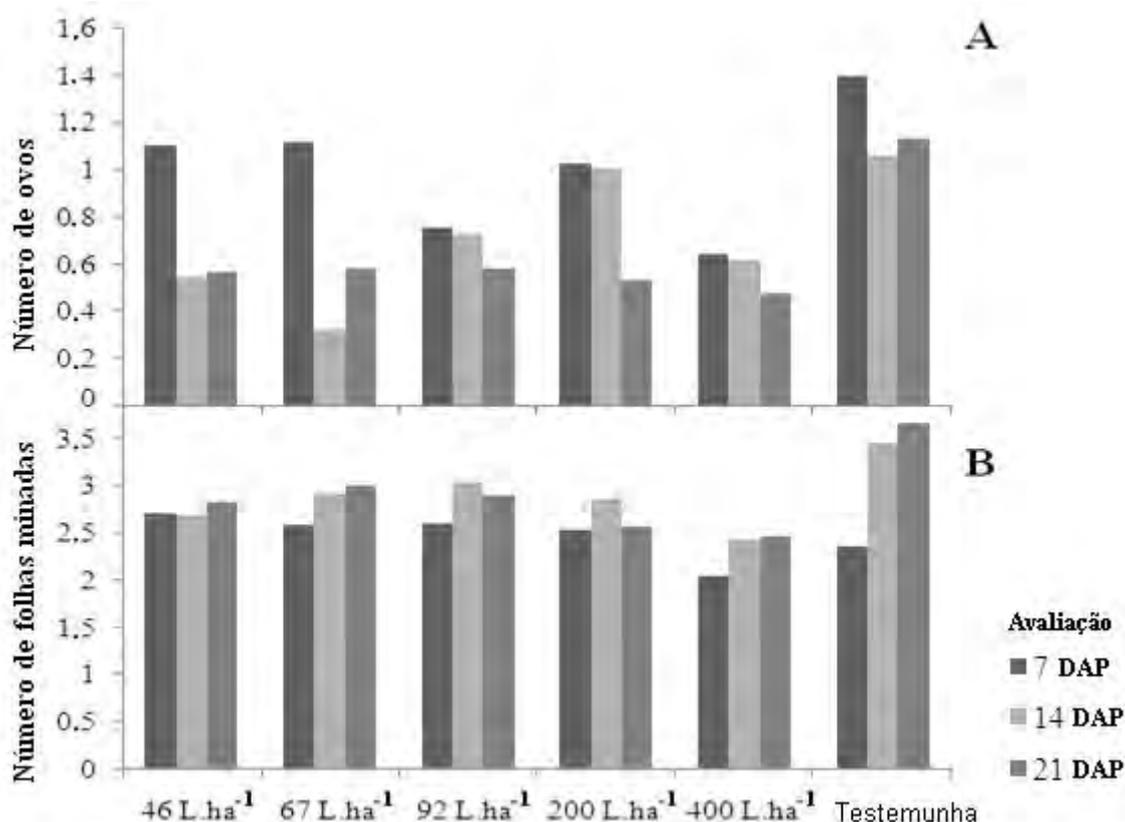


Figura 6. Evolução dos valores das variáveis relacionadas a *Leucoptera coffeella* no decorrer das três avaliações após a pulverização em função dos volumes de aplicação no segundo experimento (ano 2012). A. Número de ovos. B. Número de folhas minadas.

4. CONCLUSÃO

Para as condições do presente trabalho, o volume de aplicação comumente utilizado nos pulverizadores convencionais, para o controle de *Leucoptera coffeella* em plantas de café, pode ser reduzido de 400 para 200 L.ha⁻¹, mantendo a eficiência da pulverização e diminuindo-se os gastos com a pulverização.

O uso de pulverizador a ultra baixo volume com pontas de pulverização pneumáticas pode ser adotado na cultura do café, para o controle de *L. coffeella*, trabalhando sob volume de 70 a 90 L.ha⁻¹, havendo eficiência da pulverização aliada a um ganho em autonomia de trabalho e redução de custos.

5. REVISÃO DE LITERATURA

AGRIANUAL, Anuário da agricultura brasileira. 16. ed. São Paulo: AgraFNPConsultoria & Agroinformativos, 2012. p. 199-210.

CAMARGO, P. N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: La Libreria, 1975. p. 217-51.

CAMPOS, O. G.; DECAZY, B.; CARRILHO, E. Dinâmica poblacional Del minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeella* y sus enemigos naturales em la zona de Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala. **Turrialba**, San José, v. 39, n. 3, p. 393-399, 1989.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Campinas-SP, Brasil. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_012.html. Acesso em: 22 mai. 2012.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café, São Paulo, **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 1, p. 130-135, 2010.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D. ; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 433-450.

GREEN, D. S. A. Proposed origin of the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Buletin of the Entomological Society of America**, Madison, v. 30, n. 1, p. 30-31, 1984.

HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal Economic Entomology**, v. 48, n. 2, p. 157-161, 1955.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários, In: Guedes, J. V. C., Dornelles, S. B. (Eds.), **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária, Sociedade de Agronomia de Santa Maria, Brasil, 1998. p. 39-51.

KÖPPEN, W. Der geographische system der klimate. In: KOPPE, W., GEIGER, R. (Ed.) **Handbuch der klimatologie**. Berlim: Borntrager, 1936. v.1 part c.

LANDERS, A.; WILCOX, W.; ENGLISH-LOEB, G.; MARTINSON, T. E.; DUNST, R. **Evaluation of a controlled droplet sprayer to control disease and insects on grapes in New York**. New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY, 2000.

MAGNO JÚNIOR, R. G.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, L. B.; FERREIRA, L. R.; ALVARENGA, C. B. Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para atração de gotas da aplicação eletrostática em plantas cítricas. **Bioscience Journal**. Uberlândia-MG, Brasil. v. 27, n. 5, p 798-804, 2011.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Aubos, corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira**. Varginha-MG: MAPA/Fundação PROCAFÉ, 2006. p. 39.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990.

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; SILVA, V. C.; CUNHA, M. D. Q.; CARVALHO, R. H.; PINHEIRO, J. M.; GONÇALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; ARAÚJO, D. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, 2012.

MAAS, W. **ULV application and formulation techniques**. Netherlands: Philips's Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, 1971. 164p.

MORAES, J. C. **Pragas do cafeeiro**: importância e métodos alternativos de controle. Lavras: UFLA/FAEPE, Brazil, 1998.

MOUNT, G. A.; LOFGREN, C. S.; PIRECE, N. W.; HUSMAN, C. N. Ultralow volume nonthermal aerosols of malathion and naled for adult mosquito control. **Mosquito News**, Aliso Viejo, v. 28, n. 1, p. 99-103, 1968.

MOUNT, G. A. A critical review of ultra-low volume aerosols of insecticide applied with vehicle-mounted generators for adult mosquito control. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Florida, v. 14, n. 3, p. 305-334, 1998.

NORDBO, E. Effects of nozzle size, travel speed and air assistance on deposition on artificial vertical and horizontal targets in laboratory experiments. **Crop Protection**, v. 11, p. 272-278, 1992.

PARRA, J. R. P.; GONÇALVES, W., PRECETTI, A. A. C. M. Flutuação populacional de parasitos e predadores de *Perileuoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em três localidades do Estado de São Paulo. **Turrialba**, San José, v. 4, p. 357-364, 1981.

PRATES, H. S. Controle fitossanitário dos pomares cítricos: recomendações práticas. In: Rodriguez, O. et al. (Eds.) . **Citricultura brasileira**. 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, Brazil, 1991. p. 824-851.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Controle do bicho-mineiro. **Cultivar**, Pelotas, v. 4, n. 39, p. 30-33, 2002.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M. G.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, Brazil, 1999. p.127-137.

SOUZA, J. C.; REIS P. R.; RIGITANO, R L. **O bicho mineiro do cafeeiro**: biologia, danos e manejo integrado. Belo Horizonte: EPAMIG, 1998. 48p. (Boletim Técnico, 54).

SPILLMAN, J. J. Spray impaction, retention and adhesion: An introduction to basic characteristics. **Pestic. Sci.** v. 15, p. 97-106, 1984.

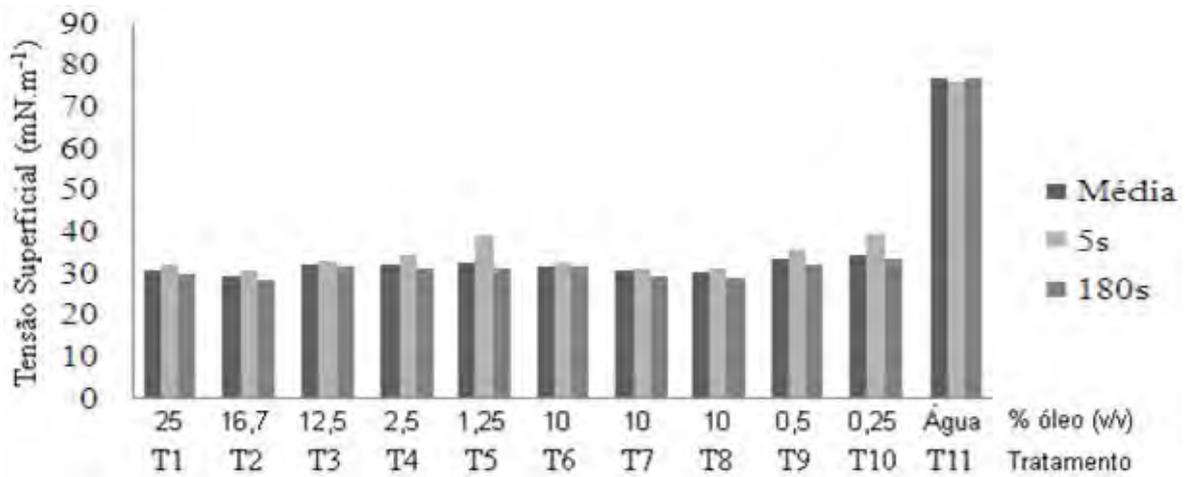
THUELHER, E. S.; OLIVEIRA, E. E.; GUEDES, R. N. C.; MAGALHÃES, L. C. Ocorrência de bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) influenciada pelo período estacional e pela altitude. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 119-124, 2003.

TOLEDO FILHO, J. A. de. A ocorrência do bicho-mineiro. **Correio Agrícola**, São Paulo, n. 1, p. 389-390, 1982.

WISE, J. C.; JENKINS, P. E.; SCHILDER, A. M. C.; VANDERVOORT, C.; ISAACS, R. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, v. 29, p. 378-385, 2010.

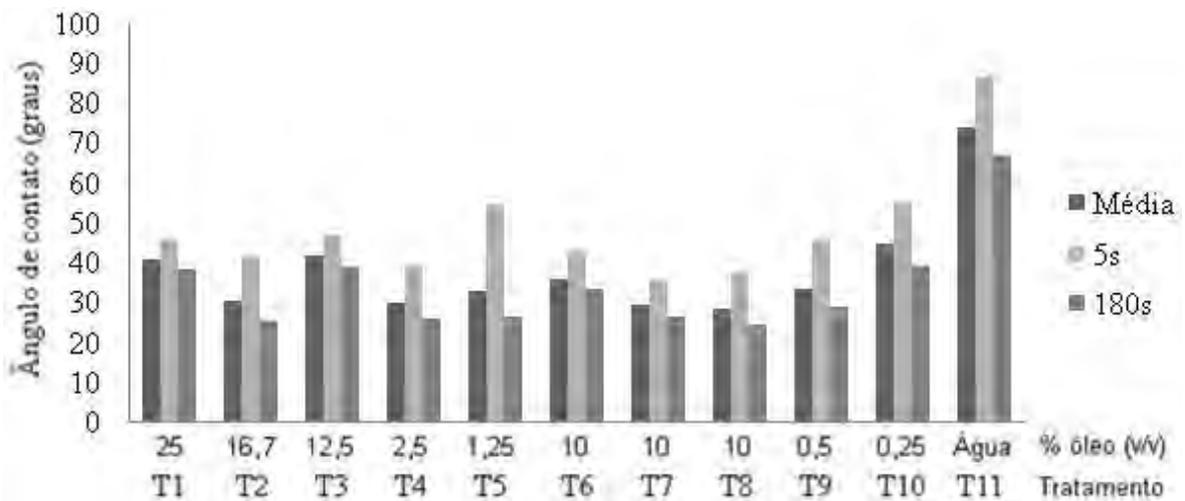
APÊNDICES

APÊNDICE I.

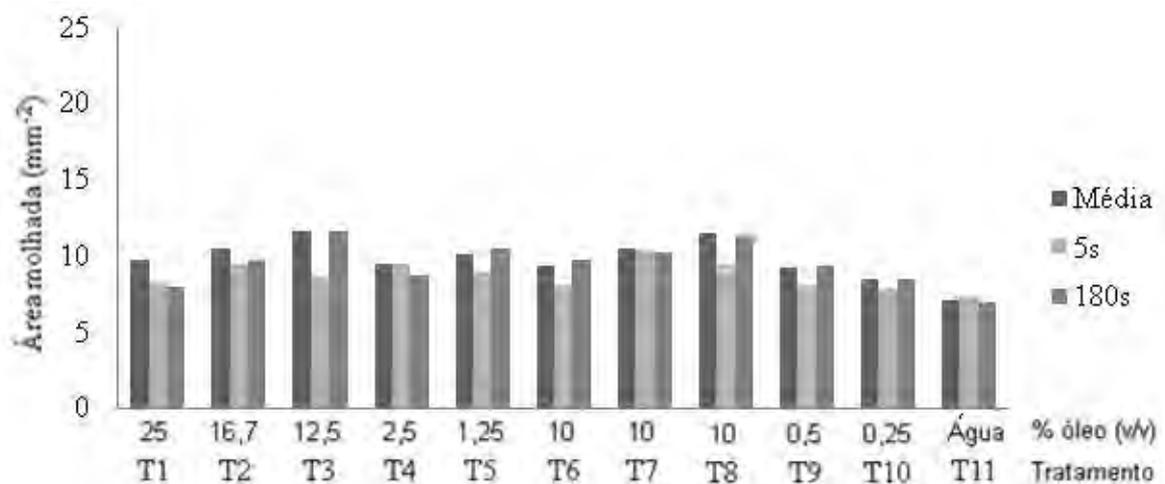


Valores em mN.m⁻¹ de tensão superficial das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.

APÊNDICE II.

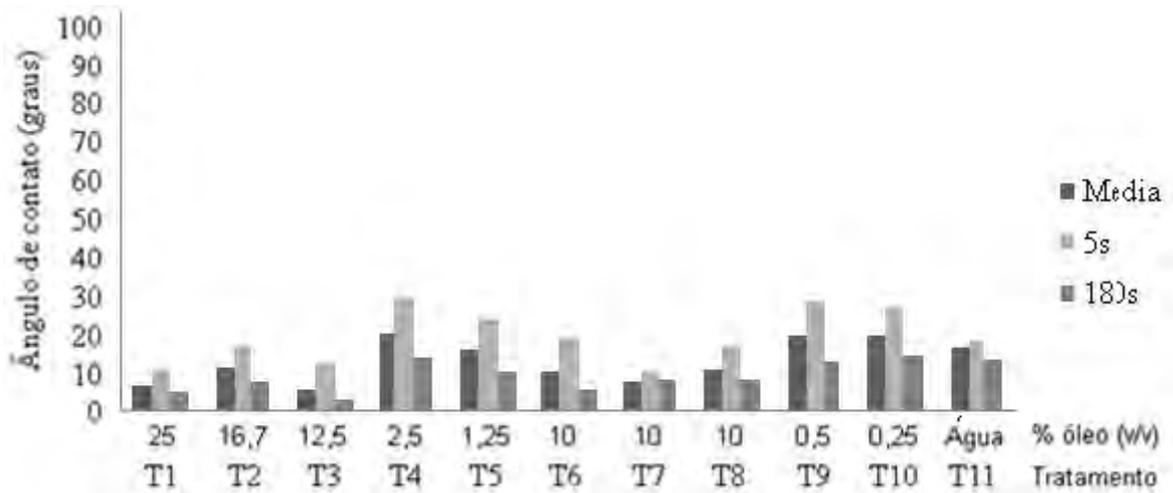


A. Valores em graus do ângulo de contato de gotas aplicadas em folhas de café, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.

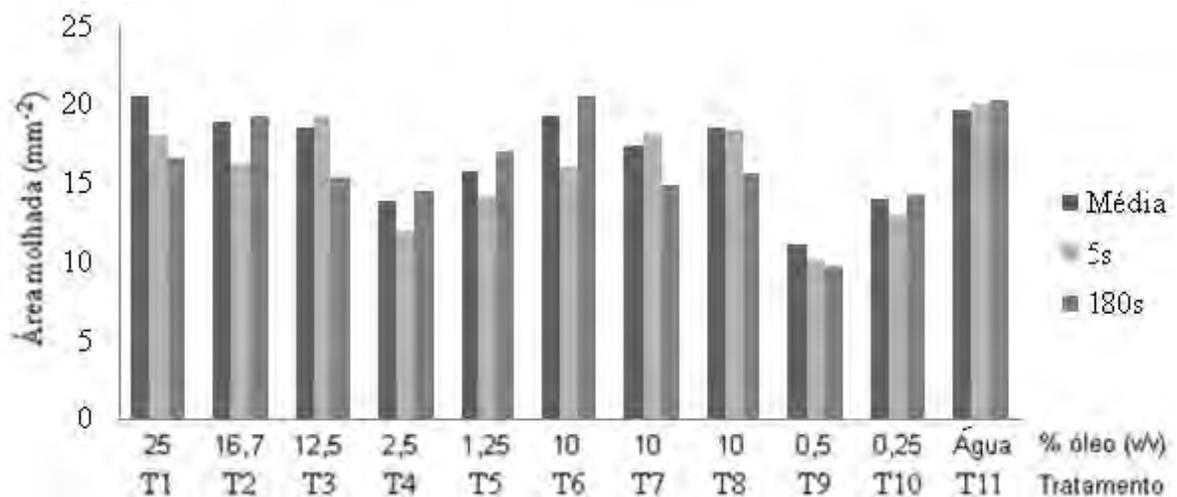


B. Valores em mm^2 da área molhada por gotas aplicadas em folhas de café, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.

APÊNDICE III.

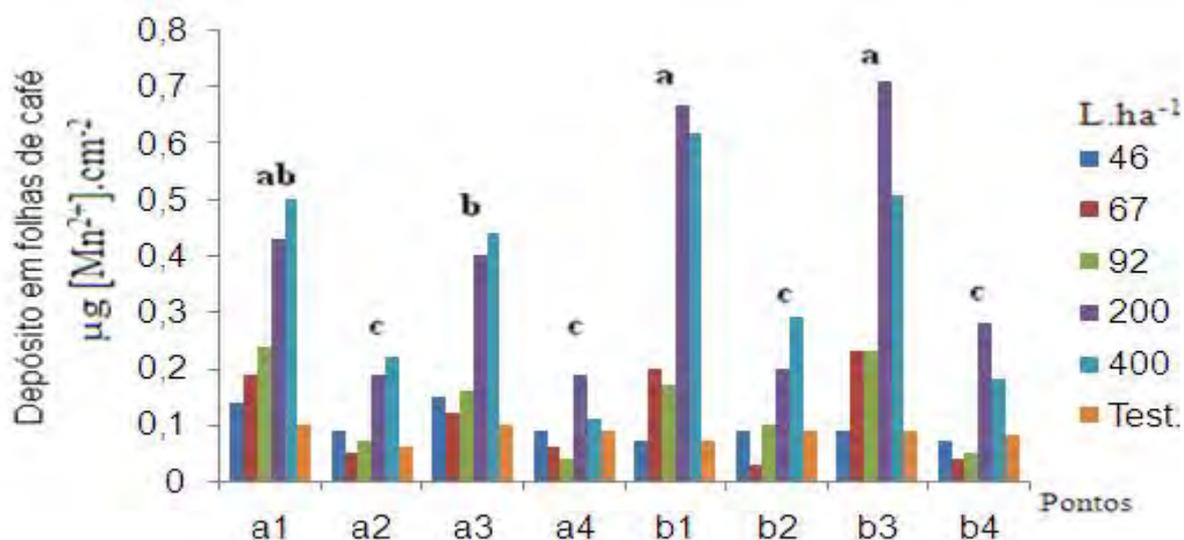


A. Valores em graus do ângulo de contato de gotas aplicadas em superfície lisa de vidro, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.

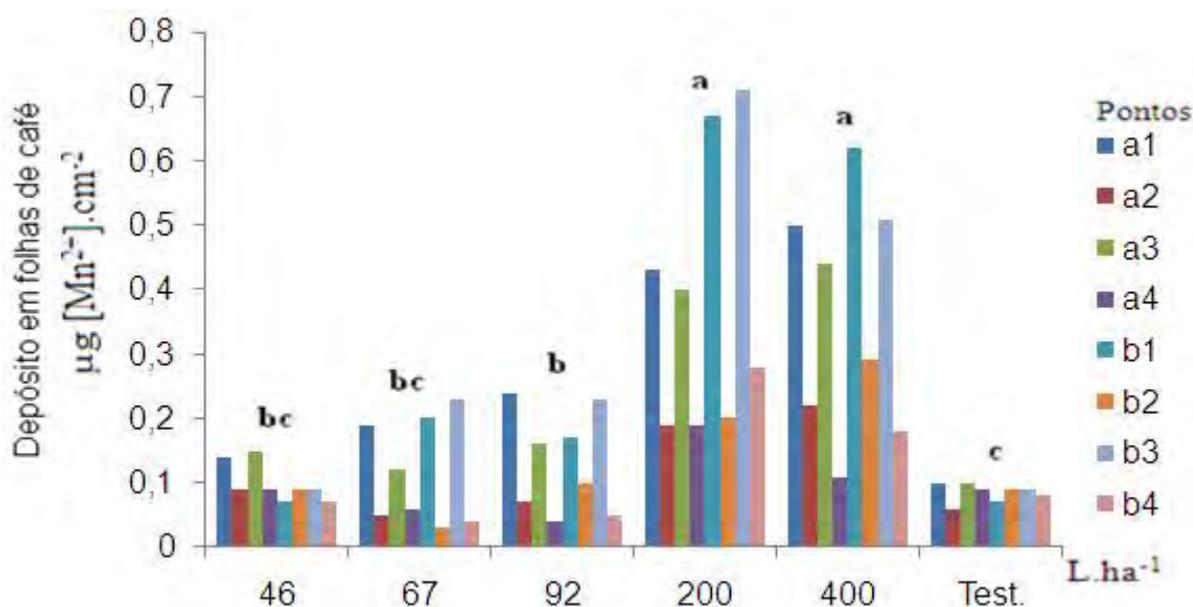


B. Valores em mm^2 da área molhada por gotas aplicadas em superfície lisa de vidro, a partir das dez caldas fitossanitárias (T1 a T10) mais a testemunha (T11) aos 5 e 180 segundos e em função da média das 180 leituras.

APÊNDICE IV.

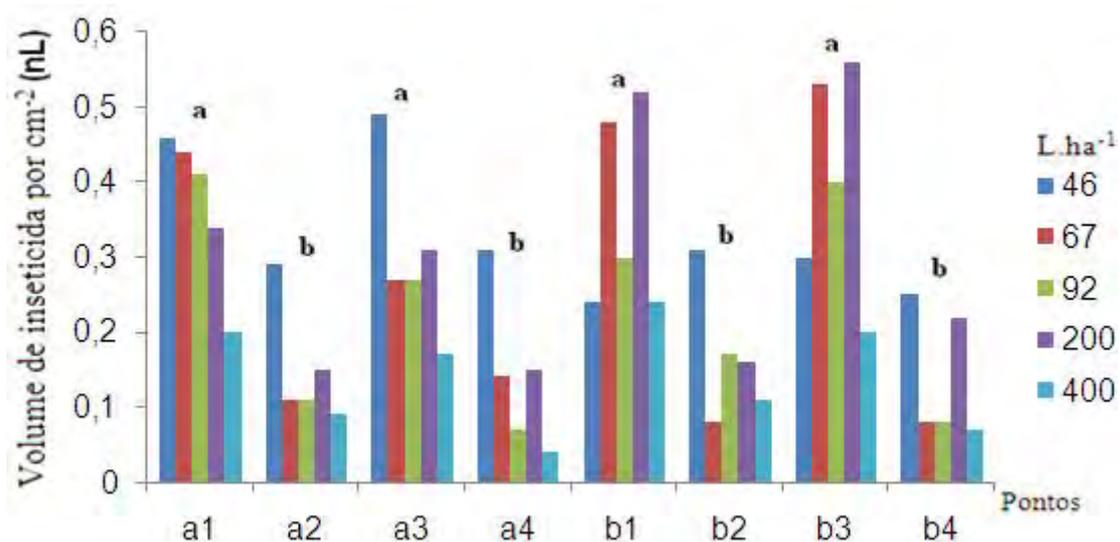


A. Concentração em μg do íon Mn^{2+} depositado sobre a superfície de folhas de café nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo) em função dos volumes de aplicação diferentes. Pontos nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis - SP, 2012.

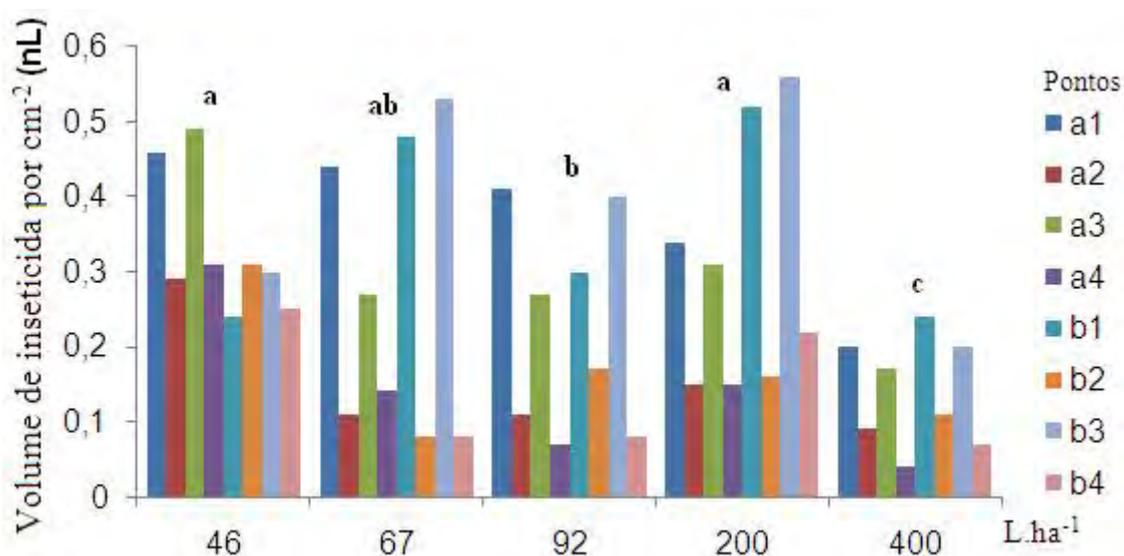


B. Concentração em μg do íon Mn^{2+} depositado por cm^2 de folhas de café após pulverização com volumes de aplicação em L.ha^{-1} diferentes nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Volumes nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis – SP, 2012.

APÊNDICE V.

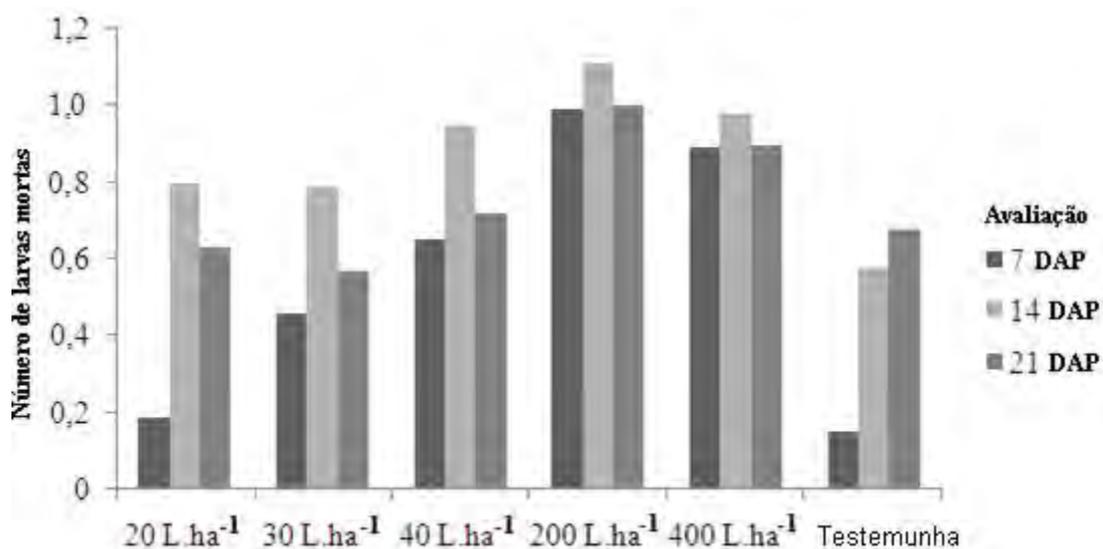


A. Volume de inseticida depositado por cm² de folhas de café após pulverização com diferentes volumes em L.ha⁻¹ nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e duas alturas de amostragem nas plantas (Alto e Baixo). Pontos nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis - SP, 2012.

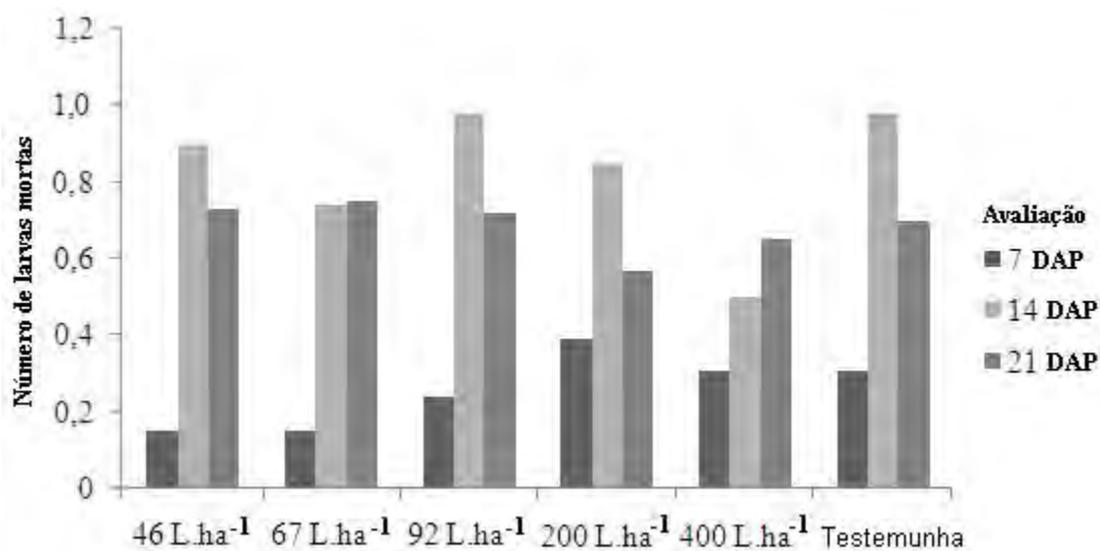


B. Volume de inseticida em nL depositado por cm² de folhas de café após pulverização com volumes de aplicação em L.ha⁻¹ nos pontos externos (1 e 3), internos (2 e 4) e na altura Alto (a) e Baixo (b) de amostragem nas plantas. Volumes nomeados com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Altinópolis - SP, 2012.

APÊNDICE VI.



A. Variação do número de larvas de *Leucoptera coffeella* mortas no decorrer das avaliações, para cada tratamento, incluindo a testemunha. Altinópolis-SP, 2011.



B. Variação do número de larvas de *Leucoptera coffeella* mortas no decorrer das avaliações, para cada tratamento, incluindo a testemunha. Altinópolis-SP, 2012.