



**Equipamentos de pulverização associados a volumes de calda e avaliados por alvos artificiais em cafeeiro**

*Spray equipments associated at different volume rates and assessed by artificial targets on coffee tree*

**Gustavo Rabelo Botrel Miranda<sup>1</sup>, Carlos Gilberto Raetano<sup>2</sup>, Mateus Delgado Queiroz Cunha<sup>3</sup>, Jader Moura Pinheiro<sup>3</sup>, Paulo Rogério Lopes<sup>3</sup>, Agda Silva Prado<sup>3</sup>, Renato Humberto Carvalho<sup>3</sup>, Marcelo Paiva Gonçalves<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas – Campus Muzambinho, Estrada de Muzambinho, km 35, Cx. Postal 02, Cep. 37890-000, Muzambinho, MG, grdmiranda@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP) Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Departamento Proteção Vegetal, Botucatu, SP

<sup>3</sup> Escola Agrotécnica Federal de Machado, Machado, MG

Recebido em: 11/07/2012

Aceito em: 28/09/2012

**Resumo.** O trabalho objetivou avaliar a qualidade do espectro de gotas da pulverização no cafeeiro com o uso de diferentes equipamentos e volumes de calda. O experimento foi conduzido em lavoura de café (Acaiaí) do município de Campos Gerais, MG, e constou de três volumes de calda (150, 300 e 600 L ha<sup>-1</sup>). O menor volume foi pulverizado com o pulverizador pneumático de jato transportado Martignani modelo Whirlwind B612 “Autonom-Trac” e os demais volumes com o pulverizador hidráulico convencional de jato transportado para uso na cafeicultura. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com sete repetições. A parcela constou de três linhas, com dez plantas cada, onde foram avaliadas as quatro plantas centrais de cada parcela. Para o estudo posicionaram-se alvos artificiais (papéis hidrossensíveis) no interior de cada planta avaliada, em quatro posições combinadas: superior, inferior e lados direito e esquerdo, formando assim o esquema de parcelas subdivididas no espaço. As variáveis avaliadas foram o DMV, DMN, PRD e CU pelo software e-Sprinkle. O volume de calda em aplicações na cultura do café pode ser reduzido pelo uso do pulverizador pneumático de jato transportado.

**Palavras-chave.** Café, DMV, gotas, pulverizador, tecnologia de aplicação

**Abstract.** . The aim of this study was to evaluate the quality of spray droplet spectrum on coffee tree using different equipment and syrup volumes. The experiment was set up in a Acaiaí coffee variety farm, in a city of Campos Gerais, MG, Brazil. The treatments were three syrup volumes (150, 300 and 600 L.ha<sup>-1</sup>). The lower volume was sprayed with the pneumatic sprayer Martignani, Whirlwind B612 "Autonom-Trac" model, and the other volume rates using the conventional hydraulic sprayer to coffee tree. The experimental design was in a randomized blocks with seven replications. The experimental plot consisted of 3 lines with 10 plants each, and only four central plants in each plot were evaluated. In this study, artificial targets (hydrosensible papers) were positioned inside of the canopy in four combined positions: upper and bottom as well as right and left sides. It was possible to distribute the treatments in the subdivided plots design. The following variables were studied: VMD, NMD, DPR and uniformity coefficient supplied by e-Sprinkle software. The spray volume can be reduced in applications on coffee tree using the pneumatic sprayer.

**Keywords.** Coffee, VMD, droplet, sprayer, application technology

### **Introdução**

Apesar de pouca importância ser atribuída à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários no passado, essa ciência se desenvolveu muito na área de máquinas aplicadoras desses produtos na cultura do cafeeiro (Scudeler et al., 2004).

Para Scudeler et al. (2004) e Ramos et al. (2007) o conhecimento de cultivares de café, a arquitetura da planta, a altura, o comprimento de ramos, a quantidade e tamanho de frutos, a idade e a densidade foliar das plantas podem constituir-se em sérios obstáculos à penetração de produtos fitossanitários, obstáculos esses que impedem que a



calda em forma de gotas penetre e atinja o alvo. Na cafeicultura, um dos maiores objetivos é o melhoramento genético do cafeeiro que busca a maior produtividade aliada ao menor porte da planta, obviamente resultando em plantas mais compactas, com maior número de entrenós nos ramos plagiotrópicos e, conseqüentemente, com mais folhas e frutos, gerando então, aumento de produtividade no ramo. Por isso, o conjunto destas características aumenta o volume de material vegetal na copa do cafeeiro, o que dificulta a penetração das gotas na parte interna à copa.

Para ultrapassar tal barreira, atualmente são utilizados os pulverizadores hidráulicos de jato transportado (turbo pulverizadores) que são consagrados pelo uso e mais adequados às culturas arbóreas como café. Diversos trabalhos relatam o uso desses pulverizadores para aplicações de inseticidas, fungicidas, acaricidas e micronutrientes no cafeeiro (Scudeler et al., 2004; Ramos et al., 2007). No entanto, estes equipamentos possuem limitações como a localização da tomada de ar posterior ao *spray* de pulverização, a largura de saída do ar e o efeito do defletor (Rodrigues et al., 2008).

O desenvolvimento de novas tecnologias e/ou adaptações de técnicas de aplicações já utilizadas em outras culturas, como na cultura dos citros, pode fornecer à cafeicultura boas alternativas, com maior eficiência de pulverização. Assim, o pulverizador pneumático Martignani modelo Whirlwind B612 “Autonom-Trac” com formação de gotas por energia gasosa por bicos tipo ‘UGELLI’ – “turbo pulverizador pneumático” (MARTIGNANI, 2008) pode constituir uma alternativa interessante para a pulverização na cafeicultura. Matuo (1990) define a formação de gotas por energia gasosa quando o fluxo de ar fragmenta o fluxo líquido em gotas.

A pulverização pneumática difere da hidráulica, principalmente na formação das gotas e pela presença do ventilador. No pulverizador pneumático de jato transportado o processo se dá pelo fornecimento de energia potencial a um determinado líquido com uma pressurização suficiente para levá-lo a saída do bico onde a água encontrará o ar em alta velocidade para fragmentar o líquido em gotas, enquanto que no pulverizador hidráulico a pulverização é formada pela passagem do líquido pressurizado pelas pontas e a fragmentação da lâmina líquida pela resistência do ar. No pulverizador pneumático, com o acionamento do ventilador radial, o ar em alta velocidade lança as gotas em direção à planta com maior capacidade de

penetração no interior da copa do cafeeiro (Matuo, 1990; Gallo et al., 2002; Garcia et al., 2008).

Em pulverização, a busca por menores volumes de calda na agricultura, quando comparado ao pulverizador hidráulico, torna o pulverizador pneumático um equipamento com potencial redução no uso da água para culturas arbóreas.

Segundo Ramos et al. (2007), para controle de pragas e doenças não existe correlação do volume de calda com tamanho das gotas e os autores ainda acrescentam que a troca das pontas pode diminuir o diâmetro mediano de gotas, mantendo-se o volume de calda. Garcia et al. (2008) ressaltam a idéia de que o volume de calda não deve ser o objetivo e sim, consequência.

Fernandes et al. (2010), em trabalho com diferentes volumes de calda utilizando dois tipos de ramais de pulverização para turbo pulverizadores observaram maior deposição da pulverização na parte superior em relação à parte inferior das plantas de café. O ramal de pulverização convencional apresentou as maiores diferenças de deposição entre as duas alturas estudadas, porém a condição ideal é a distribuição uniforme por toda a copa da planta. Os autores atribuíram o ocorrido ao uso das pontas de pulverização utilizadas nesse ramal, as quais formam gotas de diâmetro maiores e, portanto, menos suscetíveis à deriva em relação às pontas utilizadas no ramal de pulverização duplicado.

A avaliação da pulverização pode ser realizada com papéis hidrossensíveis (alvos artificiais) posicionados em pontos específicos e distintos na planta, buscando analisar como as gotas estão atingindo o alvo e não o quanto está se aplicando. Dessa forma, estes resultados passam a ser mais importante no sistema de produção e na avaliação de resultados científicos (Ramos et al., 2007).

Poucos estudos são relatados na literatura com volumes de calda e equipamentos na cultura do café, abrindo uma grande área de exploração científica deste assunto nesta cultura.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da pulverização com pulverizadores de jato transportado hidráulico e pneumático associados a diferentes volumes de calda utilizados na cultura do café.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em uma lavoura de café, cultivar Acaiá, localizada no município de Campos Gerais, Minas Gerais, com uma altitude média de 815m, latitude 21° 14' 15" S e longitude



45° 50' 29" W (Ometto, 1981). A poda das plantas é feita anualmente e estão espaçadas de 3,6 x 0,9 m, com dez anos de idade e 2,35 metros de altura.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três tratamentos e sete repetições. Os tratamentos foram três volumes de calda, sendo o volume menor (150 L ha<sup>-1</sup>) aplicado com o pulverizador de jato transportado pneumático e os volumes de 300 e 600 L ha<sup>-1</sup> de calda com o pulverizador de jato transportado hidráulico. As parcelas foram constituídas por três linhas de plantio com dez plantas cada, sendo avaliadas as quatro plantas centrais de cada parcela. As demais linhas e plantas foram consideradas como bordadura.

O pulverizador pneumático utilizado foi Martignani, modelo Whirlwind B612 "Autonom-Trac", dotado de um tanque em aço esmaltado, bomba centrífuga com capacidade 250 L min<sup>-1</sup>, ventilador centrífugo com dupla aspiração e desempenho aerodinâmico alto (25.000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> de ar a 80m s<sup>-1</sup>), quatro difusores de 90° contendo seis bicos em cada difusor (bicos "UGELLI", com largura do passo de 4 mm de diâmetro) (Martignani, 2008) totalizando 24 bicos, para realizar a pulverização com 150 L ha<sup>-1</sup>. A pressão de trabalho do pulverizador pneumático foi 126,56 kPa.

O pulverizador hidráulico utilizado foi Jacto, modelo ARBUS 1000, com ventilador axial para

realizar a pulverização dos volumes de 300 e 600 L ha<sup>-1</sup>, com pontas de jato cônico vazio JA-1 para 300 L ha<sup>-1</sup> e JA-2 para 600 L ha<sup>-1</sup>. O pulverizador possui um ramal de sete saídas duplas em cada lado, sendo utilizadas para as pulverizações somente seis saídas de cada lado, totalizando vinte e quatro saídas para bicos de pulverização à pressão de 455,03 kPa.

Os dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) durante as pulverizações foram registrados por um termo-higrômetro (Modelo HT-3003) e anemômetro (Modelo AM-4201), ambos da marca Lutron, posicionados a dois metros de altura da superfície do solo (Scudeler et al., 2004).

A pulverização foi realizada nos dias 5, 6 e 7 de março de 2007, e, durante as pulverizações foram registrados valores de umidade relativa do ar que variaram de 32 a 57%; 42 a 58% e 43 a 66%, respectivamente nos dias 5, 6 e 7. A temperatura variou de 27,4 a 33,2 °C; 27,7 a 30,7 °C e 25,4 a 32,2 °C, respectivamente nos dias 5, 6 e 7. A velocidade do vento variou de 3,96 a 4,7 m s<sup>-1</sup>; 0,9 a 7,2 m s<sup>-1</sup> e 0 a 10,9 m s<sup>-1</sup> nas respectivas datas.

Os equipamentos e condições operacionais utilizados para a pulverização do experimento estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Equipamentos e condições operacionais para avaliação qualitativa da pulverização em frutos de café.

Tratamento	Equipamento pulverizador	Bicos	Tipo de bicos	Pressão (kPa)	Velocidade: trator + pulverizador (km h <sup>-1</sup> )	Vol. de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Vazão por bico (L min <sup>-1</sup> )
1	Pneumático*	24	Jato de ar (UGELLI)	126,56	5,14	150	0,193
2	Hidráulico Arbus 1000	24	JA-1	455,03	4,73	300	0,355
3	Hidráulico Arbus 1000	24	JA-2	455,03	3,83	600	0,575

\*Pulverizador pneumático Martignani modelo Whirlwind B612 "Autonom-Trac"

A qualidade da pulverização foi avaliada com o uso do papel hidrossensível, que na forma original é um papel de coloração amarela e, ao entrar em contato com umidade modifica sua coloração para azul. Dessa forma, quando o papel é colocado sobre as folhas das plantas são capazes de formar uma amostra das gotas que foram depositadas na superfície do papel durante a pulverização.

Foram selecionados quatro ramos plagiotrópicos na planta de café, sendo dois ramos pertencentes ao lado do caminhamento do

pulverizador e os outros dois ramos voltados para o lado oposto ao caminhamento do pulverizador.

Em cada um dos lados da planta, dois ramos foram selecionados para receberem o papel hidrossensível (76 x 26 mm), sendo um na parte inferior e outro na parte superior da planta, totalizando quatro papéis hidrossensíveis distribuídos em cada planta.

Os papéis hidrossensíveis de uma mesma planta foram posicionados sempre voltados para o lado da pulverização no centro do ramo



plagiotrópico, onde ocorre o enchimento dos grãos, sendo este o alvo da pulverização no controle de broca-do-cafeeiro.

Os ramos selecionados para a distribuição dos papéis receberam denominações específicas, em função de sua posição em relação ao caminhamento do conjunto trator-pulverizador, sendo:

SML= ramo superior pulverizado do mesmo lado do caminhamento do pulverizador;

IML= ramo inferior pulverizado do mesmo lado do caminhamento do pulverizador;

SLO= ramo superior pulverizado do lado oposto ao caminhamento do pulverizador;

ILO= ramo inferior pulverizado do lado oposto ao caminhamento do pulverizador;

Após a pulverização os papéis hidrossensíveis foram retirados das plantas e acondicionados em recipiente com isolamento térmico. Posteriormente foram encaminhados ao Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas do Departamento de Proteção Vegetal da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, SP, para análise das gotas pelo software e-Sprinkle (EMBRAPA, 2000), com resolução de 600 dpi pelo software DropCap.

Por meio deste procedimento, foram estimadas as seguintes variáveis: diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro mediano numérico (DMN), percentagem de gotas menores que 150 µm (PRD < 150 µm) e o coeficiente de uniformidade do espectro das gotas (CU) estimado pela seguinte equação:

$$CU = (DV_{0,9} - DV_{0,1})/DMV, \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

CU = coeficiente de uniformidade das gotas;

DV<sub>0,9</sub> = diâmetro da gota que representa 90% do volume de calda aplicado;

DV<sub>0,1</sub> = diâmetro da gota que representa 10% do volume de calda aplicado;

DMV = diâmetro mediano volumétrico; diâmetro da gota que representa 50% do volume de calda aplicado.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F em esquema de parcela subdividida no espaço e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade pelo programa SISVAR 4.3 (Ferreira, 2011).

## Resultados e Discussão

Ao considerar neste trabalho que os tratamentos foram estabelecidos em função dos volumes de pulverização definidos por recomendações técnicas dos fabricantes (pulverizador pneumático com 150 L ha<sup>-1</sup>) ou usualmente praticados na cultura do café (pulverizador hidráulico com 300 e 600 L ha<sup>-1</sup>), torna-se necessário esclarecer que equipamentos e condições operacionais não constituíram objetivo, mas sim recursos suficientes para obtenção dos respectivos volumes de pulverização.

O maior valor médio de DMV das gotas de pulverização foi obtido com o volume de 600 L ha<sup>-1</sup> em relação aos demais volumes de calda (150 e 300 L ha<sup>-1</sup>). Quando avaliou-se a distribuição de DMV nas diferentes posições da planta, não foi verificado diferença significativa para os volumes de 150 L ha<sup>-1</sup> e de 300 L ha<sup>-1</sup>, ou seja, o DMV nos volumes de 150 e 300 L ha<sup>-1</sup> de calda foram semelhantes (Tabela 2). Pelas Figuras 1A e 1B, verifica-se que o DMV das gotas depositadas no papel hidrossensível do mesmo lado da pulverização nas posições superior (SML) e inferior (IML) não diferiram significativamente para os volumes de 150 e 300 L ha<sup>-1</sup>.

Quando a pulverização foi realizada com o maior volume de calda (600 L ha<sup>-1</sup>), apesar de se obter valores médios de DMV significativamente menores na posição superior da planta, no lado oposto à pulverização (SLO), comparativamente àquelas posições do mesmo lado da pulverização, verifica-se que gotas com maiores DMV atingiram o alvo nessa posição (SML), fato este que pode estar relacionado com o maior volume de aplicação. No entanto, para a posição inferior do lado oposto à pulverização (ILO) não houve diferença em relação aos valores de DMV obtidos nas posições do mesmo lado da pulverização (IML). Isto pode estar relacionado à melhor distribuição das gotas na parte inferior da planta quando o maior volume de calda foi pulverizado (Tabela 2 e Figura 1C).

Os valores médios de DMV das gotas em papéis hidrossensíveis utilizando o pulverizador hidráulico equipado com pontas de pulverização de jato cônico vazio JA-1 e JA-2 correspondem ao esperado (JACTO, 2001), juntamente com os valores de DMV obtido na pulverização com o pulverizador pneumático (Martignani, 2008). A distribuição das gotas para o volume de 600 L ha<sup>-1</sup> pulverizado com pulverizador hidráulico foi mais heterogênea àquelas obtidas com os demais volumes de aplicação (Tabela 2).

Isto pode ter ocorrido devido ao aumento da massa das gotas da pulverização proporcionado pelo



aumento do volume, tornando assim uma pulverização com gotas mais pesadas dificultando sua mobilidade e, conseqüentemente a penetração

das gotas no interior da copa do cafeeiro na parte superior da planta.

**Tabela 2.** Diâmetro mediano volumétrico - DMV ( $\mu\text{m}$ ) das gotas de pulverização em diferentes partes das plantas do cafeeiro, cultivar Acaíá (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO = parte inferior lado oposto da pulverização; ILO = parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software e-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta				Média	DMS
	SML	IML	SLO	ILO		
150	142,43 a	142,43 a	119,43 a	131,14 a	133,86 A	24,7074
300	142,43 a	142,43 a	119,43 a	142,43 a	136,68 A	24,7074
600	158,29 b	152,14 ab	131,29 a	145,14 ab	146,71 B	24,7074
Média	147,71 b	145,67 b	123,38 a	139,57 b	139,08	15,1955
CV % parcela vol					10,04	
CV % subparc parte					13,35	
DMS					9,9648	
F Volume					0,0119 *	
F Part./150L					0,0490 *	
F Part./300L					0,0358 *	
F Part./600L					0,0335 *	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

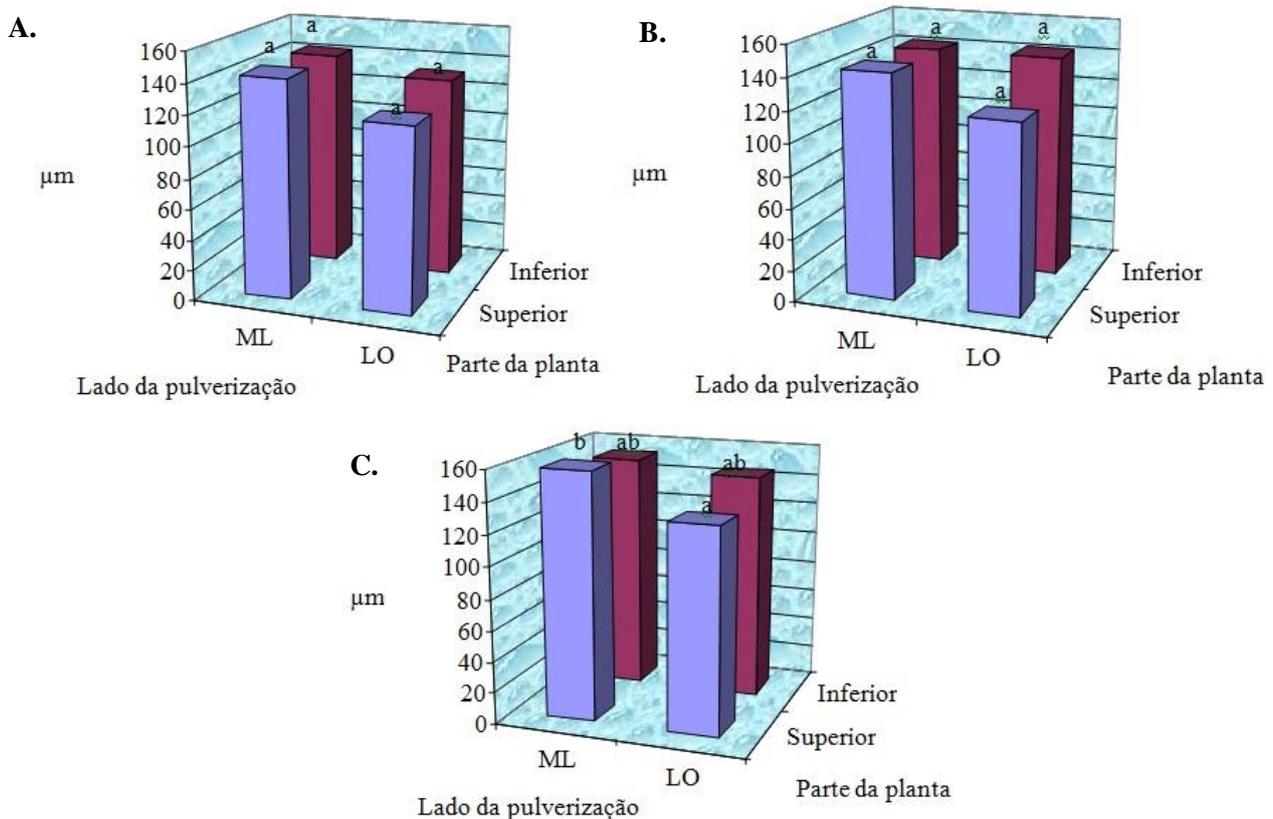
Fernandes et al. (2010) observaram que para pulverização com ramos de pulverização simples (convencional) os resultados de deposição foram diretamente proporcionais ao aumento do volume de aplicação com melhor correlação na posição mais baixa da planta. Já para pulverização com ramos de pulverização duplos, o resultado foi o inverso, com a melhor correlação na posição alta da planta quando aumentou o volume de aplicação.

Para a parte superior da planta do cafeeiro esta correlação parece acontecer também neste trabalho, pois o valor do DMV aumentou 11,13% em relação ao observado com 300 L ha<sup>-1</sup> enquanto que na parte inferior o valor do DMV aumentou somente 6,82% em relação ao observado também no volume de 300 L ha<sup>-1</sup>, ambos para o mesmo lado da pulverização. No entanto, não foi analisado o lado oposto à pulverização no trabalho de Fernandes et al. (2010).

Apesar do estudo de quantificação de depósitos realizado por Fernandes et al. (2010), com cobre, ser diferente dos estudos de avaliação da

qualidade de pulverização com o uso de papéis hidrossensíveis, como realizado neste trabalho, pode-se inferir que ocorrendo um aumento do diâmetro mediano volumétrico (DMV) aumenta também a tendência de ocorrer um aumento dos depósitos da pulverização.

Segundo Palladini et al. (2005), Ramos et al. (2007) e Fernandes et al. (2010) para se obter um efeito satisfatório no controle fitossanitário a pulverização deve ser regulada para depositar adequadamente o produto sobre o organismo a ser controlado. Pode-se inferir que o relato acima deve ocorrer nos tratamentos com volumes de aplicação menores (150 e 300 L ha<sup>-1</sup>) utilizado neste trabalho para a variável DMV (Tabela 2 e Figuras 1A e 1B). Na variável DMN não foi observada diferença significativa dos diâmetros das gotas em nenhum dos volumes de calda pulverizados e em nenhuma das partes da planta (Tabela 3 e Figuras 2A, 2B e 2C).

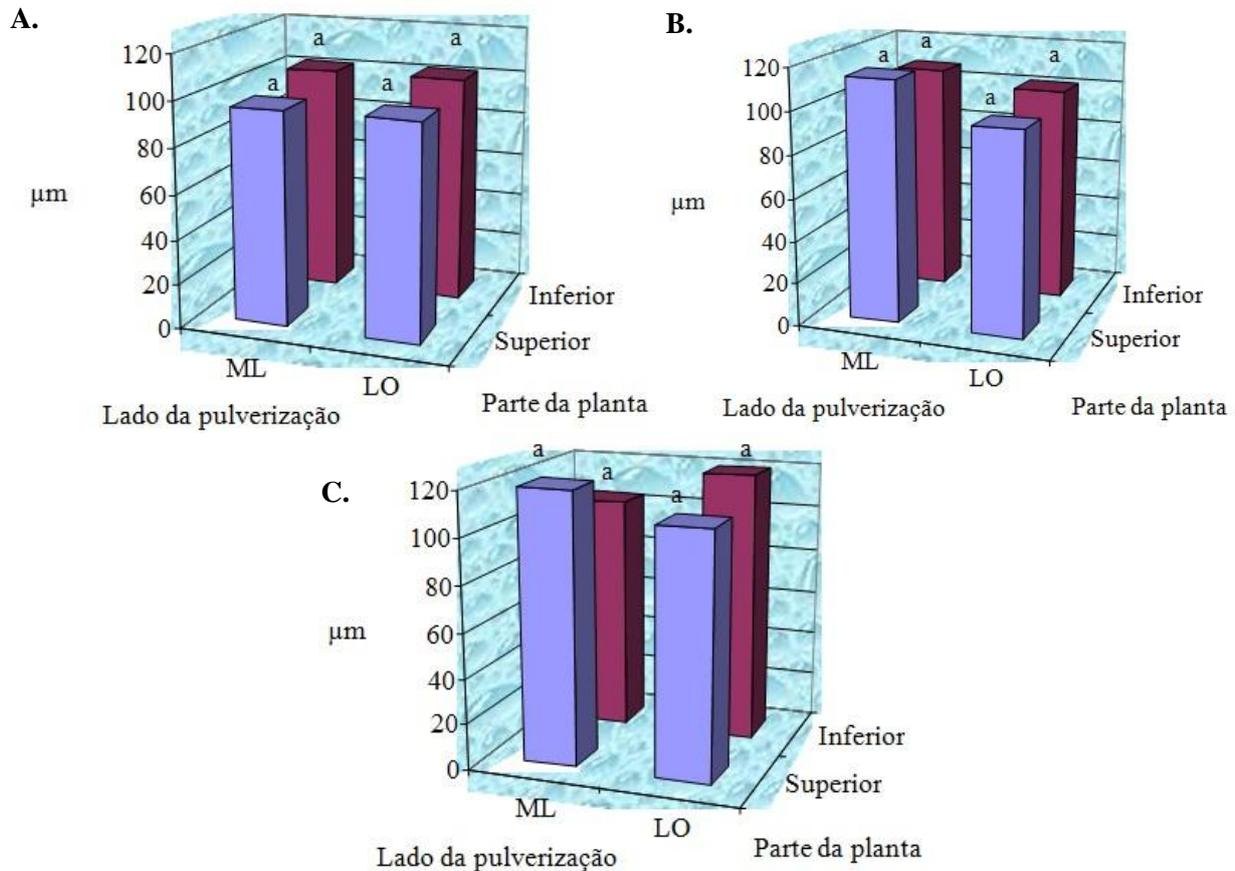


**Figura 1.** Diâmetro mediano volumétrico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro; A: pulverizador pneumático e volume de 150 L ha<sup>-1</sup>, B: pulverizador hidráulico e volume de 300 L ha<sup>-1</sup>, C: pulverizador hidráulico e volume de 600 L ha<sup>-1</sup> Campos Gerais, MG Safra: 2007/2008.

**Tabela 3.** Diâmetro mediano numérico - DMN (µm) das gotas de pulverização em diferentes partes das plantas do cafeeiro, cultivar Acaia (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO = parte inferior lado oposto da pulverização; ILO = parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software e-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta				Média	DMS
	SML	IML	SLO	ILO		
150	96,00 a	101,86 a	96,00 a	101,86 a	98,93 A	24,7225
300	113,57 a	107,71 a	96,00 a	101,86 a	104,79 A	24,7225
600	119,43 a	104,14 a	107,71 a	119,43 a	112,68 A	24,7225
Média	109,67 a	104,57 a	99,9 a	107,71 a	105,46	12,3964
CV % parcela vol					21,56	
CV % subparc parte					14,36	
DMS					16,2208	
F Volume					0,1171 ns	
F Part./150L					0,8495 ns	
F Part./300L					0,2750 ns	
F Part./600L					0,2360 ns	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.



**Figura 2.** Diâmetro médio numérico das gotas no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro; A: pulverizador pneumático e volume de 150 L ha<sup>-1</sup>, B: pulverizador hidráulico e volume de 300 L ha<sup>-1</sup>, C: pulverizador hidráulico e volume de 600 L ha<sup>-1</sup> Campos Gerais, MG Safra: 2007/2008.

O volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup> aplicado com o pulverizador pneumático foi o que obteve maior percentagem de gotas menores que 150 µm; e o volume de calda de 600 L ha<sup>-1</sup> aplicado com o pulverizador hidráulico proporcionou menor percentagem de gotas menores que 150 µm (Tabela 4).

Ao analisar o PRD nas partes da planta para os respectivos volumes de calda verificou-se que para o volume de calda menor (150 L ha<sup>-1</sup>) não houve diferença significativa entre as diferentes partes da planta de cafeeiro, obtendo assim, mais um parâmetro de homogeneidade para o volume de 150 L ha<sup>-1</sup>, pois o equipamento com formação de gotas por energia gasosa forma espectro de gotas mais homogêneas quando comparados ao espectro de gotas utilizando a energia hidráulica; para o volume de 300 L ha<sup>-1</sup> as menores percentagens de gotas menores que 150 µm (PRD) foram observadas no lado do caminhar do pulverizador, tanto na

parte superior quanto na parte inferior da planta e, ainda referente ao volume de calda de 300 L ha<sup>-1</sup>, do lado oposto à pulverização, a porcentagem de gotas menores que 150 µm na parte superior da planta foi maior que da parte inferior da planta (Tabela 4 e Figuras 3A e 3B).

Já no volume de 600 L ha<sup>-1</sup>, observou-se menor percentagem de gotas menores que 150 µm na parte superior da planta voltada para o caminhar do pulverizador (SML), e na parte inferior da planta foi observado um ligeiro aumento na percentagem de gotas menores que 150 µm; nesta parte (IML e ILO), os resultados mostraram-se ainda homogêneos entre si. Porém a parte superior do cafeeiro voltada ao lado oposto do caminhar do turbo pulverizador (SLO) foi a que obteve maior valor médio de percentagem de gotas menores de 150 µm para o volume de 600 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 4 e Figura 3C).



**Tabela 4.** Porcentagem de gotas menores que 150 µm em diferentes partes da planta do cafeeiro da cultivar Acaiá (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO= parte inferior lado oposto da pulverização; ILO= parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software E-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta				Média	DMS
	SML	IML	SLO	ILO		
150	73,71 a	70,71 a	82,14 a	79,14 a	76,43 B	19,4262
300	57,71 a	61,00 a	84,86 b	71,86 ab	68,86 AB	19,4262
600	53,14 a	59,86 ab	75,43 b	59,71 ab	62,04 A	19,4262
Média	61,52 a	63,86 a	80,81 b	70,23 ab	69,11	10,8124
CV % parcela vol	22,06					
CV % subparc parte	19,12					
DMS	10,8756					
F <sub>Volume</sub>	0,0138 *					
F <sub>Part./150L</sub>	0,4032 <sup>ns</sup>					
F <sub>Part./300L</sub>	0,0019 *					
F <sub>Part./600L</sub>	0,0255 *					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para Ramos et al. (2007), não há correlação direta entre o volume de calda utilizado e adequação do tamanho das gotas, com o controle químico. Garcia et al. (2008) ressaltam a idéia que volume de calda deve ser consequência e não objetivo do tratamento fitossanitário.

O volume de calda é definido na forma de regulação do pulverizador, de maneira não objetiva, pois a regulação possui uma relação direta com a eficácia do tratamento fitossanitário. Ao se considerar apenas o volume de aplicação, resultados muito discrepantes poderão ser obtidos para um mesmo tratamento (Ramos et al., 2007).

Estas idéias aliadas a homogeneidade dos resultados com o menor volume de calda contribuem para inferir que esta pulverização foi mais adequada em função da arquitetura da planta de cafeeiro avaliada para a variável porcentagem de gotas menores que 150 µm (PRD).

Gotas menores que 150 µm proporcionam maior potencial de cobertura foliar, fator este que pode ser considerado o gargalo de uma boa pulverização, no entanto, estas mesmas gotas de pulverização são muito sensíveis a evaporação e a perdas pelo vento (exoderiva).

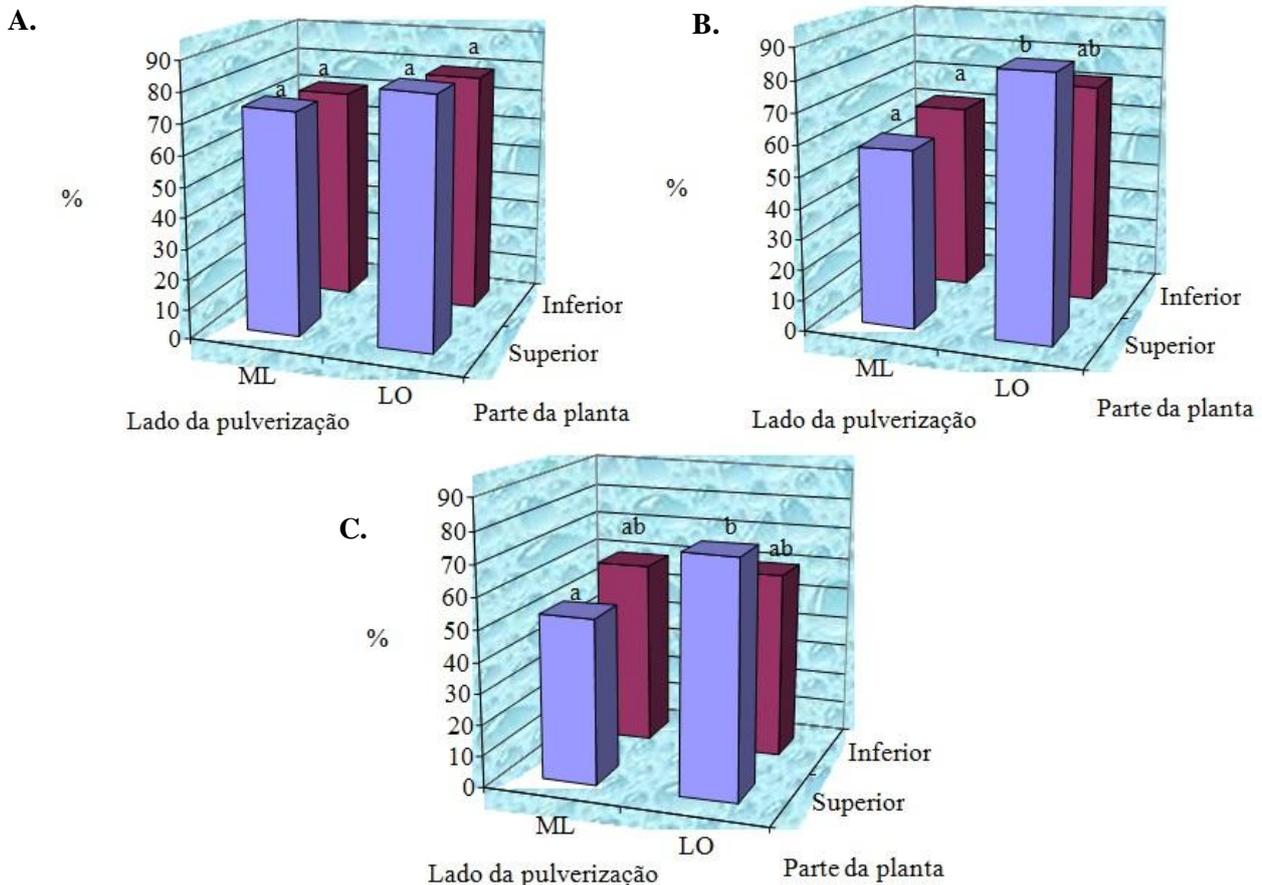
Queiroz et al. (2011) verificaram em trabalho de influência da temperatura da calda durante a pulverização que a eficiência de cobertura pode reduzir a até 45% com o aumento da temperatura de 3 a 33°C. Os mesmos autores atribuíram o ocorrido à evaporação.

Observa-se que os valores médios do coeficiente de uniformidade referente ao volume de calda de 600 L ha<sup>-1</sup> foram maiores que aqueles obtidos com os volumes de 150 e 300 L ha<sup>-1</sup>, revelando maior heterogeneidade do espectro das gotas com o maior volume de calda pulverizado em frutos do cafeeiro (Tabela 5).

Os valores médios do coeficiente de uniformidade (CU) coletados em diferentes partes da planta para o volume de 150 L ha<sup>-1</sup> foram maiores na parte superior do cafeeiro do mesmo lado do caminhamento do pulverizador em comparação aos valores obtidos em outras partes da planta, o que indica maior heterogeneidade do espectro das gotas na parte superior da planta. O coeficiente de uniformidade do espectro das gotas na parte inferior foi igual entre si, em ambos os lados da planta, e superiores aos valores desse parâmetro para as gotas coletadas do lado oposto ao caminhamento do pulverizador na parte superior da planta. No volume de 300 L ha<sup>-1</sup> o valor do coeficiente de uniformidade das gotas coletadas do lado do caminhamento do pulverizador foi maior, implicando em maior heterogeneidade do espectro de gotas em comparação aquele obtido do lado oposto. Ainda, o valor do coeficiente de uniformidade gotas coletadas na parte inferior do lado oposto à pulverização foi maior que os valores médios das gotas coletadas na parte superior, o que evidencia maior heterogeneidade no espectro das gotas no lado oposto do caminhamento do pulverizador. Os

valores médios do coeficiente de uniformidade para o volume de calda de 600 L ha<sup>-1</sup> foram maiores nas partes pulverizadas frontalmente, indicando maior

heterogeneidade do espectro de gotas pelo quando comparado aos valores médios obtidos na parte oposta à pulverização (Tabela 5 e Figuras 4).



**Figura 3.** Porcentagem de gotas menores que 150 µm (PRD) no papel hidrossensível em pulverização de cafeeiro; A: pulverizador pneumático com volume de 150 L ha<sup>-1</sup>, B: pulverizador hidráulico com volume de 300 L ha<sup>-1</sup>, C: pulverizador hidráulico com volume de 600 L ha<sup>-1</sup> Campos Gerais, MG Safra: 2007/2008.

A amplitude relativa (coeficiente de uniformidade) de uma pulverização é a relação da variação entre o DV<sub>0,9</sub> e o DV<sub>0,1</sub> em relação ao DV<sub>0,5</sub> (DMV) e serve para verificar a homogeneidade do espectro de gotas aplicadas no alvo. Quanto menor o valor, maior o índice de uma pulverização com gotas homogêneas.

Neste trabalho ocorreu este fato para as pulverizações com 150 L ha<sup>-1</sup> utilizando-se o pulverizador pneumático e com 300 L ha<sup>-1</sup> com o pulverizador hidráulico, pois os valores médios dos diâmetros de gotas estavam entre 100 e 200 µm. Já a pulverização com 600 L ha<sup>-1</sup> utilizando o pulverizador hidráulico abrangeu a faixa de 100 e 250 µm (Tabela 5 e Figura 4).

Obviamente, no geral, as gotas que depositam do lado oposto ao caminhar do pulverizador

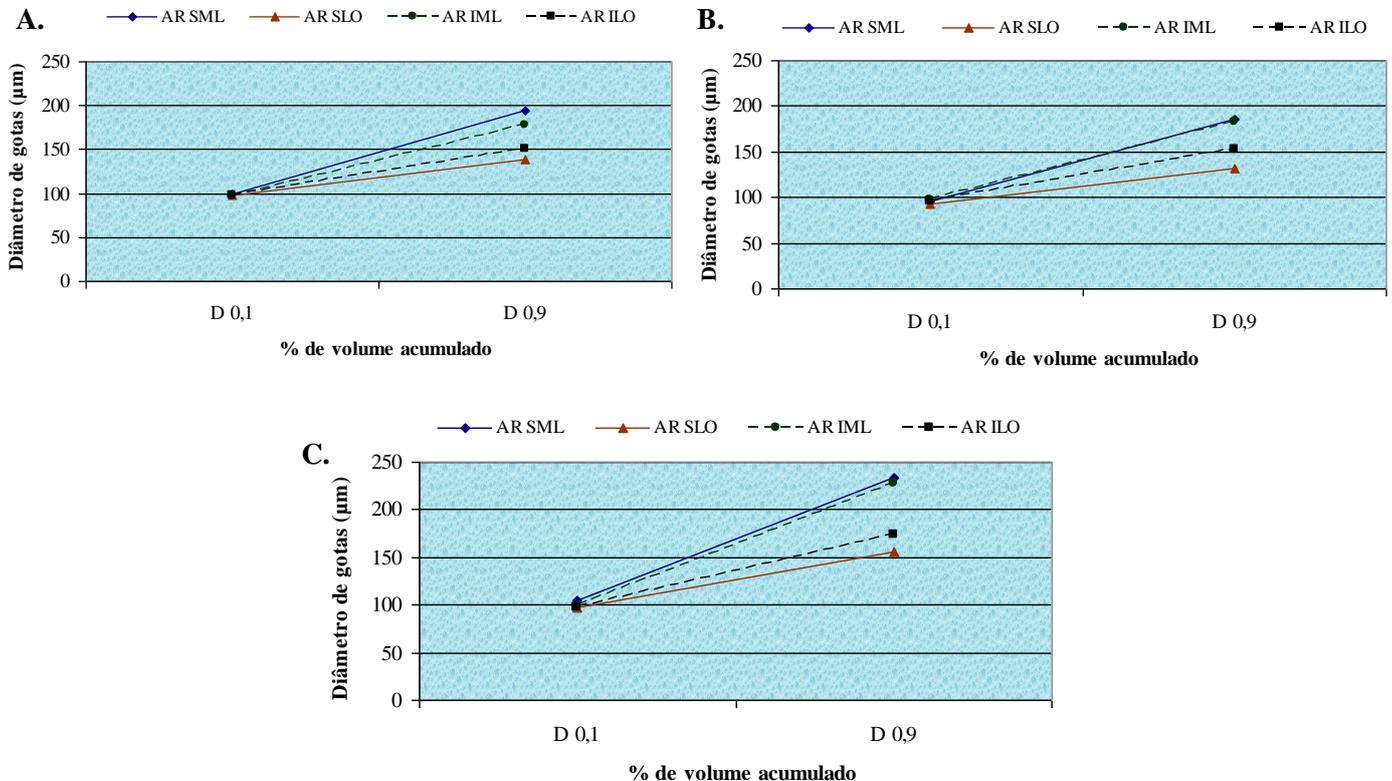
(SLO e ILO) são menores que as gotas que atingem o lado do caminhar (SML e IML) e, por isso, esta relação também diminui.

Veliz (2007) relata que na aplicação de agrotóxicos com disco rotativo e com bicos hidráulicos as gotas menores estavam originando menores perdas por endoderiva (escorrimento) provocando contaminação ambiental 7,35 vezes menor do que os bicos hidráulicos. Apesar deste autor não ter analisado o coeficiente de uniformidade do espectro de gotas, isto pode ter ocorrido também neste trabalho nos tratamentos com menores volumes de calda (150 e 300 L ha<sup>-1</sup>), conforme Tabela 5 e Figura 4.

**Tabela 5.** Coeficiente de uniformidade (CU) do espectro de gotas da pulverização em diferentes partes das plantas do cafeeiro da cultivar Acaia (SML= parte superior mesmo lado da pulverização; IML= parte inferior mesmo lado da pulverização; SLO= parte inferior lado oposto da pulverização; ILO= parte inferior lado da pulverização) em papel hidrossensível e análise no software e-Sprinkle. Campos Gerais, MG. Safra: 2007/2008.

Volume de calda (L)	Parte da planta				Média	DMS
	SML	IML	SLO	ILO		
150	0,6411 b	0,5646 ab	0,3284 a	0,3974 ab	0,4829 A	0,2483
300	0,6236 b	0,6039 b	0,3077 a	0,4016 ab	0,4842 A	0,2483
600	0,8059 b	0,8350 b	0,4481 a	0,5229 a	0,6530 B	0,2483
Média	0,6902 b	0,6678 b	0,3614 a	0,4406 a	1,0132	0,1469
CV % parcela vol	8,36					
CV % subparc parte	8,42					
DMS	0,1181					
F Volume	0,0039 *					
F Part./150L	0,0035 *					
F Part./300L	0,0008 *					
F Part./600L	0,0001 *					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Análise estatística realizada sobre os dados transformados em  $\sqrt{(X + 0,5)}$ . Apresentação da tabela (Valores reais).



**Figura 4.** Amplitude relativa das gotas (coeficiente de uniformidade) em papel hidrossensível, após pulverização de cafeeiro; A: pulverizador pneumático e volume de 150 L ha<sup>-1</sup>, B: pulverizador hidráulico e volume de 300 L ha<sup>-1</sup>, C: pulverizador hidráulico e volume de 600 L ha<sup>-1</sup> Campos Gerais, MG Safra: 2007/2008.



Gotas pequenas possuem a característica de proporcionar maior cobertura foliar, no entanto, devem ser utilizadas em horários de pouco vento e nas horas mais amenas, pois são muito suscetíveis à evaporação e ao deslocamento pelo vento.

Ao analisar as variáveis DMV, DMN, PRD e CU, verifica-se que o pulverizador pneumático proporcionou menor diâmetro das gotas e melhor distribuição da pulverização, tal fato pode ser explicado pela maior potência do ventilador associado às gotas pequenas produzidas pelo equipamento, as quais penetram mais facilmente na copa do cafeeiro.

Com o acionamento do ventilador radial do equipamento, o ar em alta velocidade, chega aos filetes deixados pelos bicos quebrando-os e dando origem às gotas que são lançadas em direção à planta com elevada energia cinética e capacidade de penetração no interior da copa do cafeeiro (Matuo, 1990; Garcia et al., 2008).

### Conclusões

Os volumes de 150 e 300 L ha<sup>-1</sup> associados aos pulverizadores pneumático e hidráulico, respectivamente, proporcionaram DMV foi mais homogêneo em todas as partes da planta; A porcentagem de gotas menores que 150 µm (PRD <150µm) foi mais homogênea e representativa no volume de 150 L ha<sup>-1</sup> associado ao pulverizador pneumático.

O coeficiente de uniformidade das gotas foi maior e, portanto, mais heterogêneo para o mesmo lado do caminhamento do conjunto trator-pulverizador quando utilizado o pulverizador hidráulico.

A pulverização com o pulverizador pneumático foi mais homogênea com volumes de calda 50 e 75% menores comparativamente ao aplicado pelo pulverizador hidráulico. O volume de calda em aplicações no cafeeiro pode ser reduzido se utilizado o equipamento pulverizador pneumático.

### Agradecimentos

Aos professores, amigos e funcionários da Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho/Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus de Botucatu. Aos professores, funcionários e alunos da Escola Agrotécnica Federal de Machado.

### Referências

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Software e-

Sprinkle: sadgna. São Carlos: EMBRAPA, 2000. 1 CD-ROM.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

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**, 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.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 2002. 920 p.

GARCIA, L.C.; RAETANO, C.G.; LEITE, L.G. Application technology for the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis indica* and *Steinernema* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) to control *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Corn. **Neotropical Entomology**, v.37, p.305-311, 2008.

JACTO. **Catálogo de produtos**. 2.ed. Pompéia, Jacto, 2001. 24p.

MARTIGNANI. **Nebulizador neumático-lectrostático “martignani kwh” - modelo whirlwind b612 “autonomtrac”**. Disponível em: <<http://www.martignani.com/esp/remolcados-whirlwind.asp>> . Acesso em: 12/03/2008.

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

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Ceres, 1981. 425p.

PALLADINI, L.A.; RAETANO, C.G.; VELINI, E.D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 440-445, 2005.

QUEIROZ, H.S.; REIS, E.F.; WRUCK, E. Influência da temperatura da calda nas características das gotas de pulverização hidráulica. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v.2, n.2, p.68-81, 2011.



RAMOS, H.H.; YANAI, K; ARAÚJO, D.; AGUIAR, V.C. **Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura do café.** In: Curso de atualização em café, 7., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas, Instituto Agrônômico, 2007. 91p. (Documentos IAC, 80).

RODRIGUES, G.J.; TEIXEIRA, M.M.; FILHO, E.I.F.; PICANÇO, M.C. Características do fluxo de ar de um pulverizador hidropneumático para aplicação de agroquímicos em plantas arbustivas. **Engenharia na Agricultura**, v.16, p.199-207, 2008.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAUJO, D.; BAUER, F.C.. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, v.63, p. 129-139, 2004.

VELIZ, R.D.C. **Avaliação de dois sistemas para aplicação de agrotóxicos em citros.** Dissertação: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP. Piracicaba/SP. 65p. 2007.