



Parâmetros da pulverização de defensivos agrícolas visando a redução da contaminação ambiental e do aplicador

Parameters of pesticides spraying aimed to reduce environmental and applicator contaminations

André Luís da Silva Quirino¹, Mauri Martins Teixeira¹, Haroldo Carlos Fernandes¹, Lino Roberto Ferreira²

¹Universidade Federal de Viçosa (UFV), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Av. PH Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP: 36570-000 - Viçosa, MG. E-mail: andrelsquirino@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Viçosa (UFV), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, MG

Recebido em: 23/09/2011

Aceito em: 02/04/2013

Resumo. Minimizar a contaminação ambiental é um dos maiores desafios devido à forte pressão da sociedade por uma agricultura socialmente sustentável e ambientalmente segura. Objetivou-se com este trabalho determinar os parâmetros da tecnologia de aplicação visando o aumento da eficácia de aplicação, com segurança para o aplicador e o ambiente. Foram pulverizados três volumes de aplicação 40, 90 e 165 L ha⁻¹, obtidos pela combinação de três velocidades (0,5; 1,5 e 3,0 Km h⁻¹) e duas rotações do bocal pulverizador (210 e 315 rad s⁻¹), sobre quatro etiquetas de papel hidrossensível cujas imagens foram digitalizadas e analisadas pelo programa computacional Image Tool. Além do espectro e densidade foram determinados os valores de porcentagem do volume acumulado de gotas com diâmetros menores que 100, 150, 200, 400 e 600 µm. A cobertura do alvo para o volume de aplicação de 40 L ha⁻¹ atendeu às recomendações para o controle de gramíneas. Os volumes de aplicação de 40 e 90 L ha⁻¹ apresentaram respectivamente 20,87 e 29,14 % do volume compreendido por gotas com diâmetros menores que 200 µm. Na aplicação de volume de pulverização de 165 L ha⁻¹, obteve-se 44,29 % de volume acumulado de gotas com diâmetro superior a 600 µm.

Palavras-chave. Tecnologia de aplicação, segurança ambiental, volume de calda

Abstract. Minimize environmental contamination is a great challenge due to the strong pressure from the society for a socially sustainable and environmentally safe agriculture. The aim of this work was to determine the parameters of application technology in order to increase the application efficiency with safety to the applicator and the environment. It was sprayed three spray volumes of 40, 90 and 165 L ha⁻¹, obtained by combining three speeds (0.5, 1.5 and 3.0 km h⁻¹) and two rotations of the centrifugal-energy nozzle (210 and 315 rad s⁻¹) on four water sensitive papers which images were digitized and analyzed by the software IMAGE TOOL. Besides the droplets spectrum and density it was determined percentage values of the accumulated volume by droplets with diameters smaller than 100, 150, 200, 400 and 600 micrometers. The target coverage for the application volume of 40 L ha⁻¹ matched the recommendations for grasses control. Application volumes of 40 and 90 L ha⁻¹ had respectively 20.87 and 29.14% of their volume comprised by droplets with diameters smaller than 200 micrometers. For the application of the pulverization volume of 165 L ha⁻¹, 44.29% of accumulated volume was comprised by droplets with diameters exceeding 600 micrometers.

Keywords. Application technology, environmental security, spray volume

Introdução

Dentre as diversas técnicas de aplicação de defensivos agrícolas disponíveis no mercado, as que

se baseiam no princípio de fracionamento hidráulico das gotas é a que mais se destaca.

A observação apenas do modo de atuação do defensivo agrícola sobre o alvo é um erro, pois a



não observação da técnica de aplicação de defensivos pode levar à contaminação do ambiente (Cunha & Ruas, 2006).

Minimizar a contaminação ambiental é um dos maiores desafios para os aplicadores, devido à forte pressão da sociedade por uma produção agrícola socialmente sustentável e ambientalmente segura. Aplicações com essas características são conseguidas, segundo Cunha et al. (2005), apenas com o domínio da técnica de aplicação e escolha correta da ponta de pulverização (Cunha et al., 2008).

A tendência atual é a redução do volume de pulverização, pois esse procedimento reduz o número de reabastecimentos, com consequente redução do volume de água necessário às operações, aumentando a capacidade operacional (Boller & Machry, 2007; Soares & Leão, 2008).

Um dos fatores observados na aplicação de baixos volumes é a redução do diâmetro de gotas, que apresentam maior capacidade de cobertura atingindo as diversas partes do alvo mais facilmente (Cunha et al., 2006).

Devido ao diâmetro desuniforme de gotas produzidas por pontas hidráulicas a caracterização das pulverizações é dificultada. Segundo Laguna, (2000), entretanto, existem equipamentos capazes de produzir gotas uniformes, como os pulverizadores centrífugos, que produzem espectros e populações de gotas com coeficientes de homogeneidade satisfatórios.

O princípio de formação de gotas em pulverizadores centrífugos baseia-se na introdução de líquido a baixa pressão no interior de um mecanismo giratório, de forma que a força centrífuga dispersa o líquido até a borda, que por ação de forças internas (tensão superficial) são formadas as gotas.

A capacidade de gerar gotas homogêneas e a possibilidade de trabalhar nas diversas situações, incluindo a aplicação de volumes reduzidos torna possível a utilização do pulverizador centrífugo. Objetivou-se com este trabalho determinar os parâmetros da tecnologia de aplicação visando ao aumento da eficácia de aplicação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Utilizou-se um sistema de pulverização centrífugo

montado em barra autodeslizante dotada de estrutura que possibilita o ajuste da altura até 1,50 m. O sistema centrífugo era composto por um bocal centrífugo cônico de 0,08 m de diâmetro e bordas serrilhadas acionado por um motor elétrico de 24 V comandado por potenciômetro. Um depósito de calda com capacidade para 12 L alimentava o sistema. A barra do pulverizador movia-se ao longo da estrutura, impulsionada por um motor elétrico acoplado a um inversor de frequência vetorial trifásico, marca Delta, modelo VFD-B.

O acoplamento do inversor permitiu controlar várias funções do motor, como acionamento em diferentes velocidades, paradas, inversão do sentido de rotação e programação dos tempos de aceleração e desaceleração do conjunto.

Para determinação da densidade e do espectro de gotas foram utilizados três volumes de aplicação 40, 90 e 165 L ha⁻¹ obtidos pela combinação de três velocidades (0,5; 1,5 e 3,0 km h⁻¹) e duas rotações do bocal pulverizador (210 e 315 rad s⁻¹), sobre quatro alvos estáticos, constituídos por etiquetas de papel hidrossensível, fabricado pela empresa Syngenta Crop Protection AG, medindo 26 x 76 mm (largura x comprimento) a uma altura de 0,50 m dos alvos.

Todas as aplicações foram realizadas em ambiente fechado, com temperatura média de 17°C e umidade relativa de 90%. A ausência de vento no momento das pulverizações permitiu que todas as gotas pulverizadas fossem depositadas sobre as etiquetas.

Imediatamente após as aplicações as etiquetas tiveram suas imagens digitalizadas e analisadas com auxílio do programa computacional ImageTool versão 3.0.

O diâmetro das gotas coletadas no papel hidrossensível foi corrigido por meio da Equação 1, proposta por Chaim et al. (1999):

$$F(D)=0,74057+0,0001010399.D+0,2024884.\ln(D) \quad (1)$$

Em que:

F = fator de espalhamento;

D = diâmetro-limite de cada classe de tamanho da mancha (µm).

Os valores de coeficiente de homogeneidade (CH) foram determinados por meio da relação entre o diâmetro da mediana volumétrica DMN e do DMV (CH=DMV/DMN).

Além do valor de CH, determinou-se o valor coeficiente de dispersão (SPAN), que fornece uma indicação direta da gama de tamanhos de gotas em

relação para ao DMV (Lefebvre, 1993) por meio da Equação 2:

$$SPAN = \frac{D_{v0,9} - D_{v0,1}}{D_{v0,5}} \quad (2)$$

Em que:

AR = amplitude relativa;

$D_{v0,9}$ = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 90% do volume pulverizado (μm);

$D_{v0,10}$ = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 10% do volume pulverizado (μm);

$D_{v0,5}$ = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 50% do volume pulverizado (μm).

De posse dos valores, foi possível determinar o valor de porcentagem de volume acumulado (Matthews, 2000), por meio da Eq. 3:

$$\%V = \frac{V * 100}{\sum v} + (V - 1) \quad (3)$$

Em que:

$\%V$ = porcentagem do volume acumulado (%);

V = volume da gota específica (μ^3).

Obtiveram-se, dessa forma, as médias de porcentagem do volume acumulado, abaixo do qual se encontram gotas, formadas pelo dispositivo centrífugo, com diâmetro menores que 100, 150, 200, 400 e 600 μm . O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

As médias foram analisadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os valores do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) são parâmetros importantes a serem observados durante as pulverizações. Os valores obtidos nas pulverizações de três volumes de pulverização (40, 90 e 165 L ha^{-1}) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) em função de três diferentes vazões

Volume de pulverização (L ha^{-1})	DMV (μm)*	DMN (μm)*	CH
40	275,83 b	149,07	2,05 b
90	299,01 b	167,28	1,96 b
165	675,35 a	136,50	6,35 a

* Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve significância no teste F.

Não houve diferença estatística entre os valores de DMV, para os volumes de pulverização de 40 e 90 L ha^{-1} , e ambos os valores foram estatisticamente diferentes e menores que o valor de DMV para o volume de pulverização de 165 L ha^{-1} .

Considerando os valores de DMV de 275,83 a 299,01 μm , respectivamente, nas aplicações de 40 e 90 L ha^{-1} , as operações são classificadas como de pulverização com gotas médias.

Observa-se pela Tabela 1 que o aumento do volume de aplicação gera um aumento do diâmetro de gotas. Segundo Minguela (2003) não se recomenda a aplicação quando o DMV for acima de 500 μm , pois nessa situação eleva-se o risco de coalescimento das mesmas e perda de parte do volume aplicado para o solo.

Ferreira et al. (2007) consideram como homogêneas as pulverizações cujos valores de CH são menores que 1,4. Outros autores consideram ideal o valor de CH correspondente a um, significando que todas as gotas têm o mesmo diâmetro.

Os valores de coeficiente de homogeneidade para os volumes de aplicação de 40 e 90 L ha^{-1} , 2,05 e 1,96, respectivamente, não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os valores obtidos são semelhantes aos apresentados por algumas pontas do tipo leque, largamente utilizadas nas aplicações de herbicidas que apresentam valores de CH entre 2 e 5 (Carrero, 1996).

Segundo Lemos et al. (2010), gotas com valores de DMV menores que 100 μm sofrem maior influência do vento. Os valores apresentados na



Tabela 1 indicam, teoricamente, a menor possibilidade de perdas por deriva e volatilização sendo, portanto, ideais para a pulverização de herbicidas pós-emergentes e sistêmicos.

Os valores de densidade de gotas e de porcentagem de cobertura são apresentados na Tabela 2. Observa-se que não houve diferença

estatística para o fator densidade de gotas, entre os volumes de pulverização de 40 e 90 L ha⁻¹ e que a maior densidade de gotas foi observada quando se aplicou o volume de 165 L ha⁻¹, superando os valores mínimos recomendados para herbicidas sistêmicos (30-40 gotas cm⁻²) (Christofolletti, 1999).

Tabela 2. Densidade de gotas e cobertura do alvo, proporcionados por diferentes volumes de pulverização

Volume de pulverização (L ha ⁻¹)	Densidade de Gotas*(gotas cm ⁻²)	Cobertura (%)
40	58,23 b	6,46 b
90	53,11 b	7,77 b
165	121,50 a	31,19 a

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Um dos fatores que influenciam o controle de plantas daninhas é a arquitetura da planta; folhas de espécies monocotiledôneas são estreitas e dispostas verticalmente; por outro lado, folhas de espécies dicotiledôneas são largas e dispostas horizontalmente. Esses dois fatores são fundamentais para retenção de herbicidas sistêmicos. Considerando-se o fator densidade isoladamente, os volumes de pulverização utilizados mostraram-se satisfatórios para o controle de plantas daninhas.

Durante a aplicação de 40 L ha⁻¹ a velocidade de trabalho foi de 6,0 Km h⁻¹ com rotação do bocal centrífugo de 315 rad s⁻¹. Para aplicar 165 L ha⁻¹ a velocidade de trabalho do sistema foi reduzida para 1,5 Km h⁻¹, também com rotação do bocal de 315 rad s⁻¹.

A menor velocidade de trabalho do sistema permitiu ao bocal pulverizador ficar por tempo maior sobre o alvo, gerando, desta forma, maior

deposição de gotas sobre ele, o que explicaria o maior valor de porcentagem de cobertura quando foram pulverizados 165 L ha⁻¹.

Valores de porcentagem de cobertura muito altos indicam tendência ao escorrimento de produto, por coalescimento de várias gotas menores que, unidas, dando origem a gotas de maior diâmetro e peso, que ultrapassam a capacidade de retenção das folhas. Por outro lado gotas menores são facilmente carregadas pelo vento (Qin et al., 2010).

A Tabela 3 apresenta os valores de porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100, 150, 200, 400 e 600 µm, para volumes de pulverização de 40, 90 e 165 L ha⁻¹. A interpretação desses dados permite que se estime o potencial de deriva da aplicação. Quanto menor a porcentagem de gotas abaixo de 100 µm, menor o risco de deriva do defensivo durante a aplicação (Cunha et al., 2005).

Tabela 3. Porcentagem de volume acumulado (%V) composto por gotas com diâmetro inferior a 100, 150, 200, 400 e 600 µm em diferentes volumes

Volume de pulverização (L ha ⁻¹)	Porcentagem de volume acumulado (%V)				
	Diâmetro de gotas (µm)				
	< 100	< 150	< 200	< 400	< 600
40	1,51	8,35 a	20,87 b	89,02 a	-
90	1,19	7,23 a	29,14 a	78,25 a	-
165	0,56	2,04 b	3,87 c	19,09 b	44,29

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve significância no teste F. O sinal (-) indica que não houveram dados relacionados ao parâmetro avaliado.



Para os três volumes pulverizados, não se observou diferença estatística significativa entre os valores de porcentagem de volume pulverizado, composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm , indicando a possibilidade de perda, em quantidades semelhantes, de produto para o ambiente nesse caso específico. Os resultados evidenciam a constante atenção que se deve dar às pulverizações com diâmetros reduzidos de gota.

Com o aumento do volume de pulverização, há o aumento do diâmetro de gotas. Nas situações avaliadas, esta afirmativa é comprovada quando se analisa o volume de pulverização de 165 L ha^{-1} . Percebe-se que há um reduzido volume de gotas com diâmetros menores que 200 μm .

Analisando-se a Tabela 3, é possível observar que mais da metade (55,71%) do volume de aplicação é compreendido por gotas com diâmetro acima de 400 μm , portanto, a possibilidade de sofrerem influência da deriva é menor. Por outro lado, a possibilidade de contaminação ambiental aumenta devido ao escorrimento de produto pulverizado para o solo. Para a aplicação de herbicidas de contato, exige-se um molhamento total do alvo. No caso de pulverizações de produtos sistêmicos não há essa exigência. A pulverização de gotas com diâmetro de 400 μm é considerada do tipo muito grossa. Diâmetros de gotas acima desse valor são considerados ideais para a pulverização de herbicidas sistêmicos, pois a deposição é garantida e o arraste pelo vento é reduzido (ASAE, 2004).

Observa-se, pela Tabela 3, que, para um volume de 40 L ha^{-1} ; 89,02 % do volume pulverizado é composto por gotas com diâmetro inferior a 400 μm , não diferindo estatisticamente do valor obtido quando foram pulverizados 90 L ha^{-1} . Para pulverizações de 40 e 90 L ha^{-1} não se verificou a presença de gotas com diâmetro igual ou maior que 600 μm .

Conclusões

A cobertura do alvo para o volume de aplicação de 40 L ha^{-1} atendeu às recomendações para o controle de gramíneas.

A redução do volume de pulverização exige grande atenção quanto às condições ambientais devido à presença de gotas com diâmetros menores que 200 μm .

Volumes de pulverização aumentados são problemáticos principalmente devido à geração de gotas com diâmetro superiores a 600 μm , com

grande risco de escorrimento para o solo devido a seu maior potencial de coalescimento

Referências

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph: ASAE, 2004. p.411-14. (ASAE Standard S572 FEB04).

BOLLER, W.; MACHRY, M. Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicida de contato em soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.722-727, 2007.

CARRERO, J. M. **Maquinaria para tratamentos fitosanitarios**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 159 p.

CHAIM, A.; MAIA, A.H.N.; PESSOA, M.C.P.Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Pulverização ou aplicação?** São Paulo, 1999. 71 p. (Boletim Técnico BT-01/99).

CUNHA, J.P.A.R.; REIS, E.F.; SANTOS, R.O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p.1360-1366, 2006.

CUNHA, J.P.A.R.; RUAS, R.A.A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.61-66, 2006.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F.; FERNANDES, H.C. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p.133-138, 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C., JÚNIOR, J. L. S., ZAGO, F. A., JULIATTI, F. C.. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.28, n.2, p.283-291, 2008.



FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L. In: Silva, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em Manejo de Plantas daninhas**. Viçosa: Editora UFV, 2007. Cap. 8, p. 325-367.2007.

FONTES, L. O.; SILVA, I. N.; FREITAS, F. C. L.; SASAKI, R. S.; ALVARENGA, C. B. Espectro de gotas das pontas de pulverização AVI 110-02 e AVI 110-03 utilizando a técnica da difração do raio laser. XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Resumos...** Campo Grande-MS, 2012. p 73-77.

LAGUNA, A. **Maquinaria agrícola. Construcción, funcionamiento, regulaciones y cuidados**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 361 p., 2000.

LEMOS, R. E.; ROMAN, R. A. A.; FERREIRA, M. D. C. Influência da pressão e adição de adjuvante à calda herbicida nos parâmetros relacionados ao tamanho das gotas. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. Ribeirão Preto – SP. **Resumos...** Ribeirão Preto. 2010. p. 3586-3590.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell, 2000. 432 p.

MINGUELA, J. V.; **Aplicación de Productos Fitosanitarios, Técnicas y Equipos**. Ediciones Agrotécnicas, S.L. España, 389p. Dezembro, 2003.

QIN, K.; TANK, H., WILSON, S.; DOWNER, B.; LIU, L. Controlling droplet-size distribution using oil emulsions in agricultural sprays. **Atomization and Sprays**, v. 20, i.3, p. 227–239. 2010.

SOARES, J.; LEÃO, M. Otimização da pulverização em médio e baixo volume na produção integrada de pêra rocha. Disponível em: <www.bayercropscience.pt/download/pi_pera_rocha.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2011.