

# AVALIAÇÃO DE BOCAIS PNEUMÁTICOS EM FUNÇÃO DO TAMANHO E UNIFORMIDADE DE GOTAS PARA UM PULVERIZADOR ULV

OLINTO LASMAR<sup>1</sup>, MARCELO C. FERREIRA<sup>2</sup>, GUNTHER FOUQUET<sup>3</sup>, GIORGE F. G. CARVALHO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Entomologia Agrícola, Depto. Fitossanidade, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP, Jaboticabal/SP, (16) 8116 4708, e-mail: lasmar84@yahoo.com.br; <sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, Depto. Fitossanidade, FCAV/UNESP, Jaboticabal/SP, <sup>3</sup>Engenheiro Mecânico, Diretor, Pulsfog Pulverizadores Ltda, Diadema/SP, <sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Produção Vegetal, Depto. Fitossanidade, FCAV/UNESP, Jaboticabal/SP.

Apresentado no  
VI SINTAG - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação  
09 a 11 de setembro de 2013 - Londrina/PR

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar alguns modelos de bocais pneumáticos em função do tamanho e uniformidade de gotas para um pulverizador de volume ultra-baixo desenvolvido para plantas perenes. O experimento foi realizado no Laboratório de Análises do Tamanho de Partículas (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da UNESP, Câmpus de Jaboticabal/SP, Brasil, em janeiro de 2013. Utilizou-se um analisador de partículas a laser para avaliar o diâmetro (DMV) e a uniformidade (COEF) de gotas formadas pelos diferentes modelos de bocais pneumáticos (jato plano, jato cônico e AT-1000), em três pressões de ar (0,15, 0,2 e 0,3 kgf cm<sup>-2</sup>) e quatro caldas fitossanitárias a base de óleo mineral - Argenfrut<sup>®</sup> (5, 10, 15 e 20%), mais água como testemunha. O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 x 5, com seis repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, diagnóstico estatístico, incluindo análises de resíduos, valores influentes e teste de homocedasticidade. Em seguida, as médias foram comparadas pelo teste Tukey (p≤0,05). Em função do tamanho e uniformidade de gotas, os bocais pneumáticos de jato cônico e AT-1000 apresentaram condições de utilização no pulverizador ULV em desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** desenvolvimento, energia gasosa, espectro de gotas, plantas perenes.

## EVALUATION OF PNEUMATIC SPRAY NOZZLES ACCORDING TO SIZE AND UNIFORMITY OF DROPLETS FOR ULV SPRAYER

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate some models of pneumatic spray nozzles according to size and uniformity of droplets for ultra-low volume sprayer developed to perennials plants. The experiment was carried out at the Analysis Laboratory of Particle Size (LAPAR), located in Department of Crop Protection - UNESP, Jaboticabal/SP, Brazil, in January 2013. We used a laser particle analyzer to evaluate the diameter (VMD) and uniformity (COEF) from droplets formed by the different models of pneumatic spray nozzles (flat fan, hollow cone and AT-1000) at three air pressures (0.15, 0.2 and 0.3 kgf cm<sup>-2</sup>) with four spraying liquids with mineral oil - Argenfrut<sup>®</sup> (5, 10, 15 and 20%) and water as a control. The experimental design was completely randomized in a factorial 3 x 3 x 5 with six replications. The data were subjected to analysis of variance by F test, statistical diagnosis, including analysis of waste, influential values and homoscedasticity test. The means were compared by Tukey test (p≤0.05). According to size and uniformity of droplets, the pneumatic spray nozzles (hollow cone and AT-1000) showed conditions of use in the ULV sprayer in development.

**KEYWORDS:** development, gas energy, droplet spectrum, perennials plants.

**INTRODUÇÃO:** Geralmente, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca à técnica de aplicação, entretanto, conhecer a forma de aplicação do produto é tão importante quanto conhecer o próprio produto. Nesse sentido, é preciso minimizar perdas e uma das maneiras para isso é fazer com que o produto alcance o alvo de forma eficiente e a uniformidade de aplicação e o espectro de gotas adequadas são essenciais (Cunha et al., 2003). O espectro de gotas produzido por um equipamento depende do tipo de ponta de pulverização, do tamanho do orifício e da pressão de trabalho, além de características físico-químicas da calda (Paulsrud & Montgomery, 2005). Dentre as inovações incorporadas recentemente aos sistemas de pulverização agrícola, podemos citar a assistência de ar e a pulverização com volume ultra-baixo (UBV). A pulverização UBV, que se originou a partir de alterações no padrão dos pulverizadores agrícolas na década de 1950, utiliza produtos fitossanitários concentrados, formulados em óleos, pulverizados com gotas muito finas (DMV menor que 100 µm) e com volumes de 20 a 40 litros por hectare, que devem ser feitas com adjuvantes capazes de diminuir a evaporação das gotas (CBB, 2011). Há pulverizadores para UBV que se utilizam de pontas do tipo pneumático (pontas de energia gasosa) para produzirem o espectro de gotas adequado de acordo com o alvo e atualmente, seu uso é mais frequente em pulverizações em áreas urbanas para controle de insetos vetores de doenças, embora sua utilização no meio agrícola também seja conhecida. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar alguns modelos de bocais pneumáticos em função do tamanho e uniformidade de gotas para um pulverizador de volume ultra-baixo, em desenvolvimento para plantas perenes.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado no Departamento de Fitossanidade da UNESP de Jaboticabal/SP, Brasil, em janeiro de 2013. Utilizou-se um analisador de partículas a laser para avaliar o diâmetro (DMV) e a uniformidade (COEF) de gotas formadas pelos diferentes modelos de bocais pneumáticos: jato plano, jato cônico e AT-1000 (Figura 1), em diferentes pressões de ar geradas pelo compressor do pulverizador (0,15, 0,2 e 0,3 kgf cm<sup>-2</sup>), por meio de quatro caldas fitossanitárias a base de óleo mineral (Argenfrut<sup>®</sup>), nas concentrações de 5, 10, 15 e 20% v/v, em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 x 3 x 5 e seis repetições. Água foi utilizada como testemunha.



FIGURA 1. Bocais pneumáticos avaliados: corpo do bico (A), jato plano (B), jato cônico (C), AT-1000 (D) e pulverizador de volume ultra-baixo. Jaboticabal-SP, 2013.

A análise do espectro de gotas foi realizada de forma direta, pelo método da difração de raio laser, utilizando-se um analisador de partículas (Mastersizer S<sup>®</sup>, Malvern Instruments Co.), que se baseia no desvio da luz após o choque dessa com as gotas, sendo que o diâmetro das gotas é inversamente proporcional ao ângulo do desvio sofrido pela luz (Fernandes et al., 2007). Os bocais de pulverização foram instalados a 40 cm do feixe de laser, de forma estática e posicionados com o intuito de que todo o jato atravessasse o feixe. Para manter a pressão das caldas constante, utilizou-se de ar comprimido controlado com regulador de pressão de precisão, operado manualmente, munido de manômetro

analogico calibrado para a função. A decodificação dos dados, segundo o algoritmo elaborado para a caracterização do diâmetro de partículas por difração de raios laser, foi realizada pelo programa computacional Mastersizer S V.2.19, Malvern Instruments Co. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, diagnóstico estatístico, incluindo análises de resíduos, valores influentes e homocedasticidade. Em seguida, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Figura 2 são apresentados os resultados sobre o diagnóstico estatístico dos dados de DMV das gotas pulverizadas considerando apenas dois fatores (caldas fitossanitárias e bocais pneumáticos), a partir da pressão de ar de  $0,15 \text{ kgf cm}^{-2}$ , uma vez que esta foi a pressão mais significativa de acordo com o teste F. Pode-se observar que a análise de diagnóstico estatístico foi aceitável, ou seja, com resíduos bem distribuídos verticalmente (Figura 2 A), sem valores influentes (Figura 2 B) e com homocedasticidade ( $\lambda = 1$ , com 95% de confiança) de acordo com o teste Box-Cox (Figura 2 C).

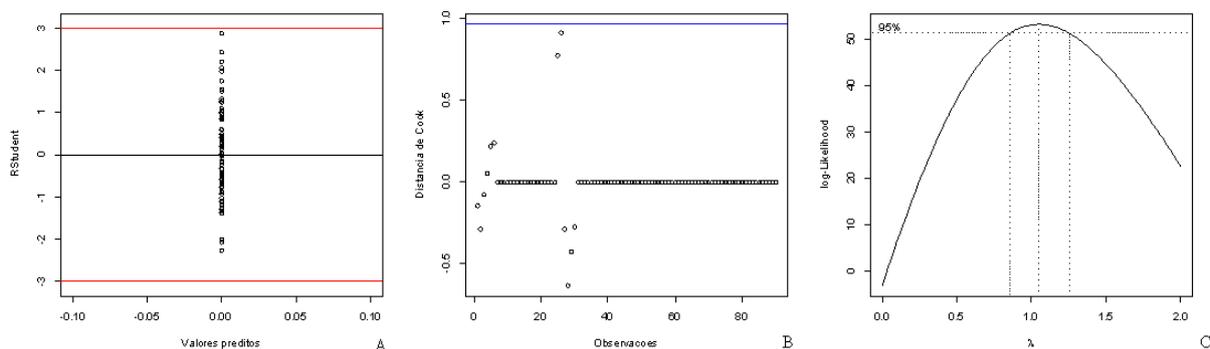


FIGURA 2. Diagnóstico estatístico: análise de resíduos (A), análise de valores influentes (B) e teste de homocedasticidade Box-Cox (C).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do tamanho de gotas, tal que 50% do volume aplicado é de gotas de diâmetro menor que esse valor (DMV) e o coeficiente de uniformidade (COEF). Para a pressão de ar de  $0,15 \text{ kgf cm}^{-2}$  observa-se que todas as caldas avaliadas com o bocal de jato plano apresentaram os maiores valores de DMV com diferenças significativas entre as médias que variaram de  $79,95 \mu\text{m}$  para água até  $61,61 \mu\text{m}$  para óleo mineral a 20%. Os bocais de jato cônico e AT-1000 para essa mesma pressão de trabalho apresentaram valores de DMV menores com médias de  $41,95$  e  $44,75 \mu\text{m}$ , respectivamente. Como esperado, as demais pressões de ar avaliadas proporcionaram gotas de menor tamanho em todos os bocais, contudo, manteve a mesma discriminação entre os modelos. Ao se analisar o resultado de uniformidade de gotas (COEF), verifica-se que ocorreu o inverso ao observado para o DMV, ou seja, o bocal de jato plano apresentou as maiores médias, conseqüentemente os piores valores de uniformidade. Este mesmo padrão também foi observado para os bocais de jato cônico e AT-1000, pois ambos proporcionaram baixos valores do coeficiente (Tabela 1). Segundo Cunha et al. (2010), o DMV e o COEF devem ser analisados conjuntamente para uma melhor caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor, enquanto que o COEF indica a homogeneidade do espectro de gotas. Desta forma, além de avaliar os efeitos dos adjuvantes no tamanho das gotas, é importante avaliar também seu efeito na uniformidade destas. Portanto, em função do tamanho e uniformidade de gotas, os bocais pneumáticos de jato cônico e AT-1000 apresentaram condições de utilização no pulverizador UBV em desenvolvimento. Entretanto, novos estudos são necessários para se conseguir um tamanho maior de gotas de pulverização para este pulverizador.

TABELA 1. Diâmetro (DMV  $\mu\text{m}$ ) e uniformidade (COEF) de gotas a partir de diferentes modelos de bocais pneumáticos, pressões de ar e concentrações de óleo mineral nas caldas fitossanitárias. Jaboticabal/SP, 2013.

Tratamentos	DMV ( $\mu\text{m}$ )			COEF		
	0,15 <sup>†</sup>			0,15		
	jato plano	jato cônico	AT-1000	jato plano	jato cônico	AT-1000
Água	79,95 A a	41,68 C ab	44,92 B a	4,05 A c	1,40 B a	1,38 B a
Argenfrut 5%	64,96 A b	43,85 B a	44,50 B a	4,96 A ab	1,40 B a	1,37 B a
Argenfrut 10%	64,33 A b	41,43 C b	45,09 B a	4,88 A ab	1,39 B a	1,35 B a
Argenfrut 15%	65,80 A b	41,13 C b	45,55 B a	5,27 A a	1,38 B a	1,36 B a
Argenfrut 20%	61,61 A c	41,66 B ab	43,71 B a	4,45 A b	1,39 B a	1,37 B a
Média	67,33	41,95	44,75	4,72	1,39	1,37
	0,2			0,2		
	jato plano	jato cônico	AT-1000	jato plano	jato cônico	AT-1000
Água	61,90 A a	31,94 C a	34,67 B a	4,08 A d	1,36 B a	1,36 B a
Argenfrut 5%	49,98 A bc	31,93 C a	35,38 B a	5,43 A a	1,37 B a	1,33 B a
Argenfrut 10%	51,16 A b	32,78 B a	34,36 B a	5,20 A bc	1,37 B a	1,32 B a
Argenfrut 15%	51,48 A b	31,25 C a	35,84 B a	5,42 A ab	1,36 B a	1,33 B a
Argenfrut 20%	48,68 A c	31,85 C a	34,52 B a	4,74 A c	1,37 B a	1,32 B a
Média	52,64	31,95	34,95	4,97	1,36	1,33
	0,3			0,3		
	jato plano	jato cônico	AT-1000	jato plano	jato cônico	AT-1000
Água	35,41 A a	23,85 B a	22,52 B a	3,94 A bc	1,31 B a	1,24 B a
Argenfrut 5%	27,85 A bc	23,77 B a	22,74 B a	4,54 A b	1,31 B a	1,23 B a
Argenfrut 10%	28,75 A b	23,66 B a	22,62 B a	5,38 A a	1,32 B a	1,22 B a
Argenfrut 15%	28,55 A bc	24,28 B a	22,87 B a	5,39 A a	1,32 B a	1,23 B a
Argenfrut 20%	25,96 A c	23,28 B a	22,58 B a	3,66 A c	1,33 B a	1,23 B a
Média	29,3	23,77	22,66	4,58	1,32	1,23
CV (%)	4,03			10,13		

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>†</sup> Valores de pressão do ar ( $\text{kgf cm}^{-2}$ ) gerada pelo compressor do pulverizador.

**CONCLUSÕES:** Em função do tamanho e uniformidade de gotas, os bocais pneumáticos de jato cônico e AT-1000 apresentaram condições de utilização no pulverizador UBV em desenvolvimento para controle de pragas e doenças em culturas perenes.

**AGRADECIMENTO:** Os autores agradecem a FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo financiamento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- CENTRO BRASILEIRO DE BIOAERONÁUTICA - (CBB). Manual BVO terrestre. Disponível em: <http://www.bioaeronautica.com.br>. Acesso em 27/05/13.
- CUNHA, J.P.A.R.; BUENO, M. ; FERREIRA, M. . Diâmetro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. spe, p. 1153-1158, 2010.
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.325-332, 2003.
- FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728-33, 2007.
- PAULSRUD, B.E., MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Report on Plant Disease**. n.1002, 2005.