

# CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DE DEPOSIÇÃO E DO DIÂMETRO DE GOTAS E OTIMIZAÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE BICOS NA BARRA DE PULVERIZAÇÃO

ANA P. FERNANDES<sup>1</sup>, RENATA S. PARREIRA<sup>2</sup>, MARCELO C. FERREIRA<sup>3</sup>,  
GUSTAVO N. ROMANI<sup>4</sup>

**RESUMO:** A escolha e o uso adequado de pontas de pulverização são essenciais para a correta aplicação de produtos fitossanitários, sendo, portanto, indispensável o conhecimento de suas características. Este trabalho teve o objetivo de caracterizar o perfil de distribuição e o diâmetro de gotas, oferecendo dados para otimizar o espaçamento entre bicos na barra de pulverização. Foram avaliados os perfis de distribuição da ponta de jato plano Teejet XR 110015 VS, a 0,50 m da altura da mesa de deposição, nas pressões de 200 e 300 kPa, e o diâmetro das gotas pelo método de difração de raios laser. As distâncias máximas foram de 0,85 m, calculadas para um coeficiente de variação (C.V.) aceitável para as pressões de 200 e 300 kPa, com os respectivos valores de 9,52 e 9,58%. A distância ótima foi de aproximadamente 0,70 m, para C.V. em torno de 5%. Comparando as pressões, houve diferença significativa para  $DV_{0,1}$  e  $DV_{0,5}$ , não havendo diferença para o  $DV_{0,9}$ . Embora o aumento da pressão tenha provocado diminuição do tamanho das gotas, não houve diferença significativa de uniformidade entre as duas pressões de trabalho avaliadas. Concluiu-se que o espaçamento máximo entre bicos na barra não deverá ser maior que 0,85 m e que o  $DV_{0,5}$  diminui com o aumento da pressão de 200 para 300 kPa, porém sem alteração significativa da uniformidade de diâmetro de gota.

**PALAVRAS-CHAVE:** ponta de jato plano, pressão de trabalho, tecnologia de pulverização.

## CHARACTERIZATION OF DEPOSITION PATTERN, DROPLET DIAMETER AND OPTIMIZATION OF NOZZLES SPACING IN SPRAY BOOM

**ABSTRACT:** The choice and correct use of nozzles are essential for the best agrochemical deposition, which is indispensable. The aim of this work was characterize the spray pattern and the droplet diameter offering information to optimize the nozzles spaces in spray boom. Deposition pattern of flat fan nozzles Teejet XR 110015 VS were evaluated, in a patternator, with the nozzle placed 0.50 m above patternator under pressures of 200 and 300 kPa, and the droplet diameter by the laser diffraction method. The maximum distance calculated for an acceptable coefficient of variation (C.V.) was of 0.85 m for the pressures of 200 and 300 kPa, with values of 9.52 and 9.58%, respectively. The optimum distance was around of 0.70 m and to C.V. around 5%. Comparing pressures, it had significant difference for  $DV_{0,1}$  and  $DV_{0,5}$  but not for  $DV_{0,9}$ . However the increase on the pressure resulted in a reduction of droplet size there was no significant effect of span due the pressures evaluated. It was concluded that the maximum spacing between nozzles would not be over 0.85 m and the  $DV_{0,5}$  decreased with the increase of pressure from 200 to 300 kPa, but without significance changes of span to droplet sizes.

**KEYWORDS:** flat fan nozzles, operational pressure, spray technology.

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Mestranda em Entomologia Agrícola, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, aninha\_taa@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Mestranda em Entomologia Agrícola, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Dr., Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 15-02-2007

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 5-10-2007

## INTRODUÇÃO

Dentre os vários componentes do processo de produção agrícola, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos mais importantes. Ela é diretamente responsável pela correta colocação dos produtos fitossanitários no alvo, cuidando da preservação do ambiente e da saúde do trabalhador, sem descuidar da técnica e da rentabilidade da produção (MATUO, 1990).

Entre as diferentes técnicas de aplicação de produtos fitossanitários, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em diferentes situações (TEIXEIRA, 1997).

Existem vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, como os do tipo costal manual, até equipamentos maiores e mais sofisticados, como os autopropelidos equipados com controladores eletrônicos. Nesses equipamentos, os bicos de pulverização representam um grupo fundamental entre os principais componentes, pois influenciam diretamente na qualidade e na segurança da aplicação.

Genericamente, denomina-se de bico o conjunto de peças instalado no final do circuito hidráulico, por meio do qual a calda é fragmentada em gotas. Das peças constituintes do bico, a ponta de pulverização é a mais importante delas, por ser a responsável direta pela formação e pela distribuição das gotas (CHRISTOFOLETTI, 1999; MATUO, 1990).

MATTHEWS (2000) afirma que cada bico possui uma curva característica de distribuição volumétrica e que essa curva tem grande importância na determinação da distância do bico em relação ao alvo e no espaçamento entre bicos na barra, devendo haver sobreposição do jato de um bico com os adjacentes para resultar distribuição uniforme do líquido pulverizado por bicos hidráulicos convencionais.

Uma das formas de quantificar a uniformidade de distribuição numa pulverização é por meio da análise da deposição do produto na área, expressa pelo coeficiente de variação (C.V.), pois quanto menor esse valor, mais uniforme é a distribuição (FAO, 1997).

Normalmente, o C.V. é calculado a partir do padrão de distribuição de bicos individuais, simulando-se a sobreposição desses padrões em bancadas de prova, onde o líquido é coletado em canaletas a distâncias determinadas e depositado em recipientes individuais (CHAPPLE et al., 1993). A distribuição é quantificada por meio da determinação do C.V. das leituras dos volumes coletados em cada canaleta da mesa considerando-se as sobreposições. Os padrões adequados de C.V. são de 10 a 15% (WOLF & SMITH, 1979; DeBOER & WIENS, 1983; FAO, 1997). Valores acima desse limite indicam pontas desgastadas, pontas diferentes na barra, espaçamento variado entre bicos ou má qualidade das pontas de pulverização.

O tamanho da gota formada em bicos hidráulicos é determinado pelo modelo de bico, tamanho do orifício da ponta, pressão de trabalho e formulação do produto fitossanitário. Esses fatores estarão devidamente relacionados à cobertura do alvo pela calda pulverizada, uma vez que, fixando-se o volume de aplicação e a área da cultura a ser coberta, dentro dos limites da deriva e do ponto de escorrimento, a cobertura poderá ser melhorada com a diminuição do diâmetro das gotas, aumento do fator de espalhamento e recuperação dessas gotas pelo alvo (COURSHEE, 1967).

Portanto, conhecer o diâmetro das gotas a serem aplicadas é de fundamental importância para o adequado tratamento fitossanitário. Estando referenciadas as metodologias de avaliação dessas gotas com a mortalidade das pragas ou o controle das doenças para os principais produtos fitossanitários, pode-se padronizar procedimentos de aplicação, direcionando o desenvolvimento para condições determinadas, com indicações seguras e exatas sobre como deverá estar a cobertura de um alvo após a aplicação do produto fitossanitário (FERREIRA, 2003).

É provável que a distribuição uniforme de um determinado diâmetro e o número de gotas possibilitem o sucesso da operação, mesmo que se utilize a aplicação a volume baixo. Nesse caso, cresce a importância de conhecer qual é a melhor combinação de densidade e diâmetro de gotas,

volume e concentração de ingrediente ativo na calda, para as principais pragas, cujo controle é realizado via pulverização (FERREIRA, 2003).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o diâmetro de gotas e o espaçamento entre bicos numa barra de pulverização para a ponta Teejet XR 110015 VS.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização dos experimentos, foram utilizados três pontas Teejet XR 110015 VS (ponta de inox, jato plano de faixa ampliada e gotas finas, conforme classificação do fabricante), nas pressões de 200 e 300 kPa. Foi pulverizada água com 0,1% do espalhante adesivo não-iônico alquilfenol (Haiten), segundo especificações da FAO (1997).

### **Determinação do espaçamento entre bicos numa barra de pulverização**

O experimento foi realizado no Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas do Departamento de Fitossanidade da UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Coletou-se, por 30 segundos, a calda de cada ponta para cada pressão avaliada, para a determinação da vazão, sendo três repetições por ponta.

Para a avaliação da distribuição da calda pulverizada pela ponta, foi utilizada mesa de deposição constituída de uma chapa de metal corrugado, formando canaletas distanciadas de 2,5 cm entre si, num total de 67 canaletas, que conduziam o líquido a tubos coletores graduados, sendo um para cada canaleta. Cada ponta testada foi posicionada sobre a canaleta de número 34 (central), à altura de 0,50 m. O tempo total de pulverização para cada amostragem foi de quatro minutos.

Após a leitura dos volumes nos tubos graduados, os valores foram utilizados para a obtenção das curvas de deposição e do coeficiente de variação.

Os coeficientes de variação foram utilizados para determinar o espaçamento de trabalho entre bicos que estavam dentro do limite aceitável na literatura, neste trabalho, assumido em até 10%, conforme WOLF & SMITH (1979) e FAO (1997).

Além desses parâmetros, também foi medido o ângulo de abertura dos jatos de calda nas duas pressões, utilizando-se de um goniômetro analógico.

### **Amostragem e determinação do diâmetro de gotas**

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas (LAPAR), do Departamento de Fitossanidade da UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

O espectro da população de gotas foi determinado de forma direta, utilizando-se de analisador de gotas em tempo real. Esse analisador baseia-se na medição da luz - feixe de raio laser - que sofre difração durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem do aparelho (SCHICK, 1997). O equipamento dispõe de unidade óptica que detecta o padrão de difração da luz ao passar por um conjunto de partículas. O desvio que o feixe de laser sofre depende do tamanho da partícula. Quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre. Empregou-se o equipamento Mastersizer S, versão 2.15, da Malvern Instruments Ltd.

Os parâmetros avaliados foram:  $DV_{0,1}$  - diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor;  $DV_{0,5}$  - diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho maior ou menor que esse valor, também conhecido como diâmetro mediano volumétrico (DMV);  $DV_{0,9}$  - diâmetro de gota tal que 90% do volume é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor - e a amplitude relativa.

As médias referentes ao tamanho de gotas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Determinação do espaçamento entre bicos na barra de pulverização

Na Figura 1, estão apresentadas as curvas de deposição nas pressões avaliadas de 200 e 300 kPa. A distribuição das gotas, em ambas as pressões, resultou em padrão de distribuição adequado para os bicos, com emissão de maior volume de calda no centro do jato e redução gradativa da quantidade de líquido para as extremidades, conforme preconizado pelo fabricante (SPRAYING SYSTEMS, 2003). PERECIN & PERESSIN (2003), em estudo realizado para avaliação da distribuição do jato de pulverização, observaram que as pontas XR, TF e FL foram as que apresentaram os melhores padrões de distribuição.

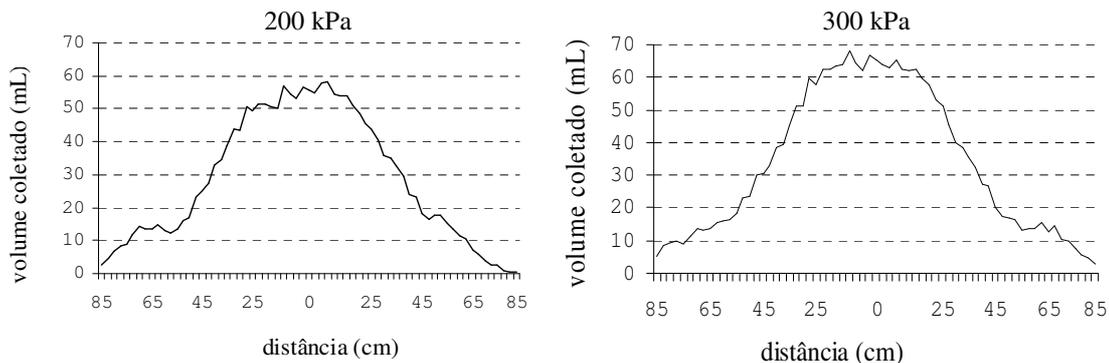


FIGURA 1. Perfil de deposição da ponta Teejet XR 110015 VS, nas pressões de 200 e 300 kPa.

O ângulo de pulverização das pontas foi, respectivamente,  $110^\circ$  e  $115^\circ$  para as pressões de 200 e 300 kPa, resultando em pequena diferença nas larguras da faixa de deposição. Contudo, a distribuição do jato de pulverização praticamente não se alterou.

Em relação à vazão, as diferentes pressões resultaram em aumento de 19,4%, passando de  $0,258$  para  $0,308 \text{ L min}^{-1}$ , respectivamente, para as pressões de 200 e 300 kPa. Apesar da diferença na vazão, não se verificou alteração significativa na curva de deposição para as pressões analisadas (Figura 1).

A distância máxima entre bicos na barra calculada para C.V. aceitável foi de 0,85 m, para as pressões de 200 e 300 kPa, com os respectivos valores de C.V. de 9,52 e 9,58% (Figura 2).

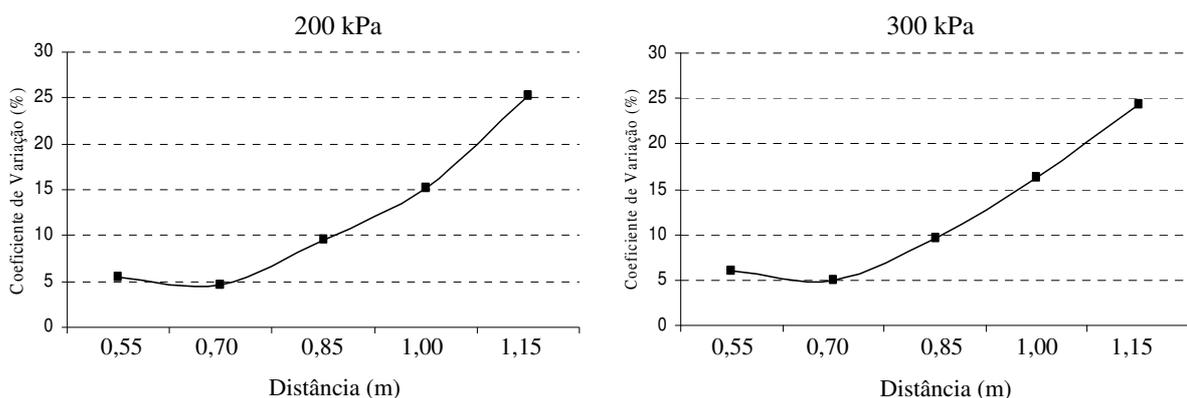


FIGURA 2. Coeficientes de variação nas pressões de 200 e 300 kPa.

Para o modelo avaliado, o fabricante recomenda espaçamento de 0,50 m entre bicos na barra, na altura de 0,50 m do alvo (SPRAYING SYSTEMS, 2003). Nessas condições, os valores de C.V. foram de 6,67 e 8,07%, respectivamente, para as pressões de 200 e 300 kPa.

Isso indica que há margem de segurança para as variações a campo, uma vez que a 0,55 m, o C.V. foi próximo de 5%, com esse valor mínimo para a distância aproximada de 0,70 m entre as pontas na barra (Figura 2). Segundo FURLANETTI (1998), C.V. de 0% indica que um mesmo

volume foi aplicado ao longo de toda a barra de pulverização, ou seja, distribuição com uniformidade absoluta. PERECIN et al. (1998) sugeriram, para experimentos desenvolvidos em condições de laboratório, que os coeficientes de variação aceitáveis na prática devem ser até inferiores a 10%, uma vez que, em condições de campo, tais valores tendem a aumentar, quer pelas condições climáticas inerentes por ocasião da aplicação, quer pelos movimentos desordenados da barra de pulverização, conforme enfatizado por NATION (1982).

### Amostragem e determinação do diâmetro de gotas

Em relação ao diâmetro de gotas, observa-se diferença significativa entre as pressões para  $DV_{0,1}$  e  $DV_{0,5}$ , sendo que a 200 kPa os respectivos diâmetros foram maiores. Comparando as pressões, houve diferença significativa para  $DV_{0,1}$  e  $DV_{0,5}$ , não havendo diferença para o  $DV_{0,9}$ . Embora o aumento da pressão tenha provocado diminuição do tamanho das gotas, não houve diferença significativa de uniformidade entre as duas pressões de trabalho avaliadas (Figura 3).

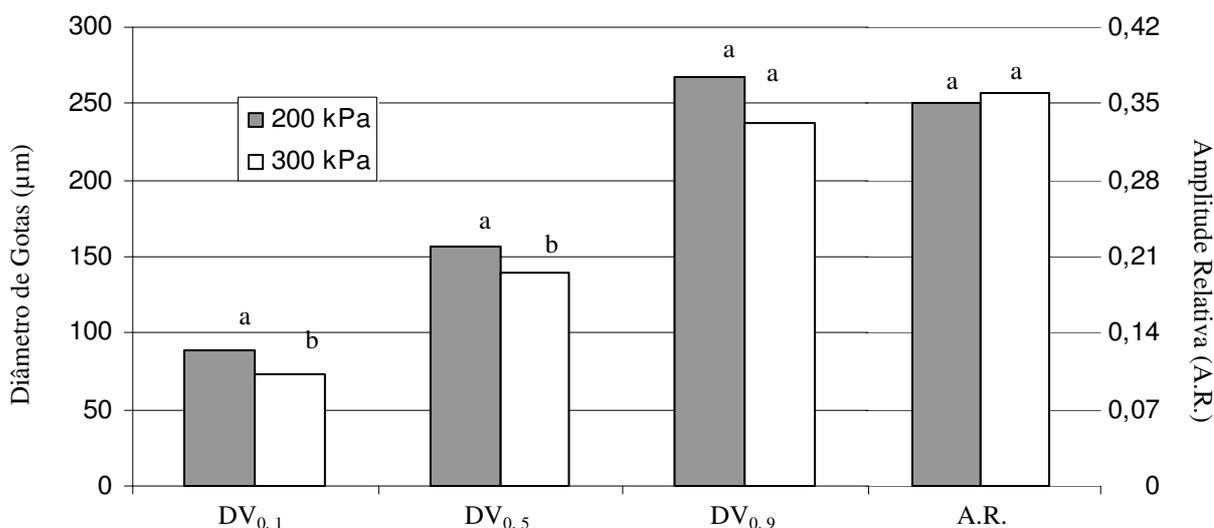


FIGURA 3. Tamanho de gotas e uniformidade da ponta de pulverização XR Teejet 110015 VS em diferentes pressões.

O diâmetro mediano volumétrico das gotas (DMV) verificado neste trabalho indica alto risco de deriva e que essa ponta deve ser usada com critério, evitando-se condições climáticas e meteorológicas adversas, considerando que o diâmetro de gotas adequado é aquele que proporciona o máximo controle da praga com a mínima quantidade de produto fitossanitário e mínima contaminação do ecossistema (HIMEL, 1969).

### CONCLUSÕES

O espaçamento máximo entre bicos na barra não deverá ser maior que 0,85 m, e o DMV diminui com o aumento da pressão de 200 para 300 kPa, porém sem alteração significativa da uniformidade de diâmetro de gota.

### REFERÊNCIAS

- CHAPPLE, A.C.; HALL, F.R.; BISHOP, B.L. Assessment of single-nozzle patterning and extrapolation to moving booms. *Crop Protection*, Guildford, v.12, n.3, p.207-13, 1993.
- CHRISTOFOLETTI, J.C. *Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas*. São Paulo: Teejet, 1999. 15 p.
- COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.) *Fungicide: an advanced treatise*. New York: Academic Press, 1967. p.239-86.

- DeBOER, L.J.; WIENS, E.H. *Test procedures for granular applicator performance testing*. St. Joseph: ASAE, 1983. (ASAE Paper N\_83-1504).
- FAO. FOOD AGRICULTURE AND ORGANIZATION. *Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricultura: equipo impulsado mecánicamente*. ROMA, 1997. v.2, 150 p.
- 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.
- FURLANETTI, A.C. *Uniformidade de deposição de combinações de bicos em barra lateral protegida para aplicação de herbicidas*. 1998. 81 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- HIMEL, C.M. The optimum size for insecticide spray droplets. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.62, n.4, p.919-25, 1969.
- MATTHEWS, G.A. *Pesticide application methods*. 3<sup>rd</sup> ed. London: Blackwell Science, 2000. 448 p.
- MATUO, T. *Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas*. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.
- NATION, H.J. The dynamic behaviour of field sprayer booms. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.36, p.61-70, 1982.
- PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BRAZ, B.A.; PIO, L.C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.2, p.175-82, 1998.
- PERECIN, D.; PERESSIN, V.A. Avaliação do padrão de distribuição de bicos para aplicação de herbicidas: efeitos da altura do alvo nos padrões de distribuição. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.3, p.477-97, 2003.
- SCHICK, R.J. *An engineer's practical guide drop size*. Wheaton: Spraying Systems, 1997. 28 p.
- SPRAYING SYSTEMS. *Teejet spray products: guia do comprador 202-BR/P*. Wheaton: Spraying Systems, 2003. 37 p.
- TEIXEIRA, M.M. *Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica*. 1997. 310f. Tese (Doutorado em Engenharia Rural) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.
- WOLF, D.D.; SMITH, E.S. Uniformity of seed and fertilizer distribution with a hand-operated spinning spreader. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.22, n.4, 761-2, 1979.