

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO PLANO DUPLO COM INDUÇÃO DE AR¹

João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha² e Renato Adriane Alves Ruas³

ABSTRACT

VOLUMETRIC DISTRIBUTION OF AIR INDUCTION TWIN FLAT SPRAY NOZZLES

The volumetric deposition pattern is an important parameter for spray nozzle selection for each pesticide application. Thus, the objective of this study was to evaluate the volumetric distribution uniformity of air induction twin flat spray nozzles, with different nominal flows, under different work pressures and heights on the test table (patternator). It was evaluated the deposition pattern of each nozzle individually, in a test table, and then the coefficient of variation of the nozzle distribution influenced by the relationship between nozzles spacing and height was simulated. The uniformity of volumetric distribution was influenced by nominal flow, liquid pressure, and working height. The nozzles, in a general way, presented good distribution uniformity, mainly those with larger nominal flow. The accomplished simulations allowed the selection of the best operational conditions for each nozzle.

KEY WORDS: application technology, spray nozzle, distribution patterns.

RESUMO

O padrão de deposição volumétrica é um parâmetro muito importante para a seleção da ponta de pulverização adequada para cada aplicação de agrotóxico. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de pontas de pulverização hidráulicas de jato plano duplo com indução de ar, com diferentes vazões nominais, sob diferentes pressões de trabalho e alturas da barra porta-bicos em mesa de teste do padrão de distribuição volumétrica. A partir do padrão de deposição de cada ponta avaliada individualmente, simulou-se o coeficiente de variação da distribuição volumétrica conjunta das pontas em função da relação entre espaçamento e altura. A uniformidade de distribuição foi influenciada pela vazão nominal, pressão de trabalho e altura da barra. No geral, as pontas apresentaram boa uniformidade de distribuição volumétrica, principalmente aquelas de maior vazão nominal. As simulações realizadas permitiram a seleção das melhores condições de trabalho para cada ponta.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia de aplicação, pontas de pulverização, padrão de distribuição.

INTRODUÇÃO

Na maioria das vezes, durante o controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas, dá-se muita importância ao produto fitossanitário e pouca atenção à técnica de aplicação. A consequência é a perda de eficácia, quando não o fracasso total do tratamento, com superdosagens ou subdosagens, que levam à perda de rentabilidade dos cultivos e a danos ao ambiente e à própria saúde humana.

A maioria das aplicações de agrotóxicos é feita por meio de pulverização, ou seja, pela geração e emissão de partículas líquidas. A divisão do líquido

em pequenas gotas ocorre nas pontas de pulverização. Estas podem ser consideradas um dos componentes mais importantes dos pulverizadores hidráulicos, por determinar as características do jato emitido, regular a vazão e determinar o tamanho das gotas. Segundo Sidahmed (1998), as pontas, além de fragmentar o líquido em pequenas gotas, têm como função distribuí-las sobre o alvo.

Atualmente, existem no mercado pontas de pulverização hidráulicas de vários tipos e usos definidos para diferentes e específicas condições técnicas operacionais. Diversos trabalhos têm sido

1. Trabalho recebido em jan./2005 e aceito para publicação em jan./2006 (registro nº 616).

2. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama,

CEP 38400-902, Uberlândia, MG. Fone: (34) 3218 2225. E-mail: jpcunha@iciag.ufu.br

3. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. E-mail: raaruas@yahoo.com.br

feitos para avaliar as características técnicas destas pontas (Cunha & Teixeira 2001, Bauer & Raetano 2004a, Voll *et al.* 2004), no entanto, alguns tipos ainda carecem de informações que auxiliem em sua seleção, como as pontas de jato plano duplo com indução de ar. Seu potencial de uso é grande, contudo, seu desempenho operacional ainda é desconhecido (Butler-Ellis *et al.* 2002).

Estas, teoricamente, permitem maior penetração do jato pulverizado no dossel das plantas do que as pontas de jato plano standard e melhor uniformidade de distribuição volumétrica do que as pontas de jato cônico vazio. A indução de ar permite a formação de gotas maiores, menos susceptíveis a deriva do que as gotas formadas nas pontas de jato plano duplo sem indução de ar (Matthews 1999).

O volume aplicado numa pulverização deve ser o mais uniforme possível, sob pena de ser necessário volume adicional para compensar os pontos ou faixas que receberam menor quantidade de calda (Perecin *et al.* 1998). Cobertura homogênea pressupõe distribuição uniforme, caracterizada por baixos coeficientes de variação da distribuição volumétrica superficial, tanto no sentido longitudinal como no transversal.

A uniformidade transversal depende da ponta utilizada, da sobreposição dos jatos e da posição da barra porta-bicos em relação ao plano de tratamento (Barthelemy *et al.* 1990). Segundo Langenakens (1999), um coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial abaixo de 10% indica uniformidade satisfatória. Na Europa, em condições de laboratório, sob pressão e altura estabelecidas pelo fabricante como ideais para cada ponta, o coeficiente de variação deve ser inferior a 7%. Para outras pressões e alturas especificadas pelo fabricante como passíveis de uso, o coeficiente de variação não deve exceder a 9% (Norma prEN 12761-2, ECS 1997)

Matthews (2002) afirma que cada ponta possui uma característica própria de distribuição volumétrica, sendo esta, específica para cada condição de altura do bico em relação ao alvo e de espaçamento entre bicos na barra. Portanto, é preciso estudar o comportamento das pontas em diferentes condições de trabalho.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulicas de jato plano duplo com indução de ar, disponíveis no mercado, sob diferentes pressões de trabalho e alturas da barra porta-bicos em relação ao alvo, visando fornecer subsídios para sua correta seleção.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Foram avaliados três jogos de pontas de pulverização hidráulicas (Tabela 1), tipo jato plano duplo com indução de ar, com ângulo nominal de abertura do jato de 110°: AD-IA 015.D, AD-IA 02.D e AD-IA 03.D. As pontas, fabricadas em poliacetal com núcleo de cerâmica, de acordo com o fabricante, são indicadas para aplicação em área total na faixa de pressão de 200 kPa a 750 kPa.

Para a avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica das pontas, empregaram-se as pressões de 200 kPa, 300 kPa e 400 kPa. Foram determinados a vazão e o perfil de distribuição individual de cada jogo de ponta, empregando-se doze repetições. Cada ponta dentro de cada jogo constituiu-se numa repetição.

Cada ponta foi montada em uma barra porta-bicos sobre uma bancada de ensaios padronizada, de acordo com a norma ISO 5682/1 (ISO 1986). A bancada de ensaios tinha as seguintes dimensões: 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, com canaletas em forma de "V" com 5,0 cm de profundidade e largura. As pontas foram alimentadas por uma bomba de pistão acionada por um motor elétrico de 220 V e 2,2 kW de potência.

Durante um tempo mínimo de 60 segundos, coletou-se o volume do líquido recolhido nas provetas alinhadas com as canaletas, ao longo da faixa de deposição das pontas. Posteriormente, os volumes de cada proveta foram transformados em porcentagem do volume total pulverizado, buscando-se eliminar o fator tempo dos dados analisados. Trabalhou-se com altura da barra de 40 cm, 50 cm e 60 cm em relação à bancada. O perfil de distribuição de cada ponta testada individualmente foi determinado por meio de gráficos plotados com dados de posição e volume acumulado.

De posse dos dados do perfil de distribuição individual de cada ponta, iniciaram-se os estudos de

Tabela 1. Especificação das pontas de pulverização com indução de ar, avaliadas nas pressões de 200 kPa, 300 kPa e 400 kPa e a 40 cm, 50 cm e 60 cm de altura, em mesa para avaliação do padrão de distribuição volumétrico

Ponta	Ângulo de Pulverização ¹	Vazão Nominal ¹
110-015 (Verde)	110° (275 kPa)	0,58 L min ⁻¹ (275 kPa)
110-02 (Amarelo)	110° (275 kPa)	0,78 L min ⁻¹ (275 kPa)
110-03 (Azul)	110° (275 kPa)	1,19 L min ⁻¹ (275 kPa)

¹ - Indicado pelo fabricante (o número entre parênteses indica a pressão de operação).

sobreposição, considerando diferentes alturas da barra e espaçamento entre bicos. Para isto, desenvolveu-se um programa computacional para simular o coeficiente de variação da distribuição volumétrica conjunta das pontas em função da relação entre espaçamento e altura, de forma similar a apresentada por Christofoletti (2000).

A homogeneidade de distribuição transversal do líquido pulverizado foi avaliada com base no coeficiente de variação (desvio-padrão dividido pela média do volume coletado nas provetas) da distribuição volumétrica. Quanto maior o coeficiente de variação, maior a variação da distribuição e menor a uniformidade de aplicação (Debouche *et al.* 2000). Com relação à simulação das pontas em barra total a partir do ensaio de pontas isoladas, Perecin *et al.* (1998) indicam ser esse procedimento aceitável do ponto de vista estatístico, uma vez que a causa das variabilidades sistemática e aleatória é dependente de causas diferentes. Bauer & Raetano (2004a) também adotaram procedimentos de simulação semelhantes.

O programa considera o número de provetas em que houve deposição de líquido durante as pulverizações. Sabendo-se, então, que o líquido contido em cada proveta corresponde ao volume proveniente de cada canaleta coletora de 5,0 cm de largura, possibilita a simulação de uma barra hipotética em que se permite trabalhar com sobreposições de jato variáveis, em função do espaçamento entre bicos e altura da barra. Ao final das análises, o programa fornece o coeficiente de variação da distribuição para cada relação de espaçamento e altura.

Todos os ensaios foram realizados em ambiente protegido, empregando-se como líquido de pulverização a água da rede pública à temperatura ambiente. As condições ambientais foram: temperatura do ar inferior a 28°C, umidade relativa do ar superior a 60% e ausência de ventos.

Os manômetros utilizados, com capacidade nominal de 2.059,4 kPa (21 kgf cm⁻²) e resolução de 98,1 kPa (1 kgf cm⁻²), foram previamente calibrados por meio de uma estrutura de reação dotada de massas-padrão, para obter a relação entre a pressão indicada e a pressão real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões das pontas de pulverização, operando na faixa de pressão de 200 kPa a 400 kPa, apresentaram coeficiente de variação médio, para cada condição, de 0,85%, indicando repetitividade

satisfatória entre pontas. Como era esperado houve aumento da vazão com o incremento da pressão e do orifício de saída. De acordo com Bauer & Raetano (2004b), isso se deve à grande evolução em se tratando de material e processo de fabricação das pontas, fazendo com que as diferenças entre as pontas de mesmo tipo sejam muito pequenas e permaneçam dentro dos limites de tolerância.

Nas Figuras 1, 2 e 3, são mostrados os perfis de distribuição volumétrica das pontas 110-015, 110-02 e 110-03, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas da barra. Os gráficos expressam na abscissa as canaletas da mesa de prova e na ordenada estão apresentadas as percentagens do volume coletado em relação ao volume total. O ideal

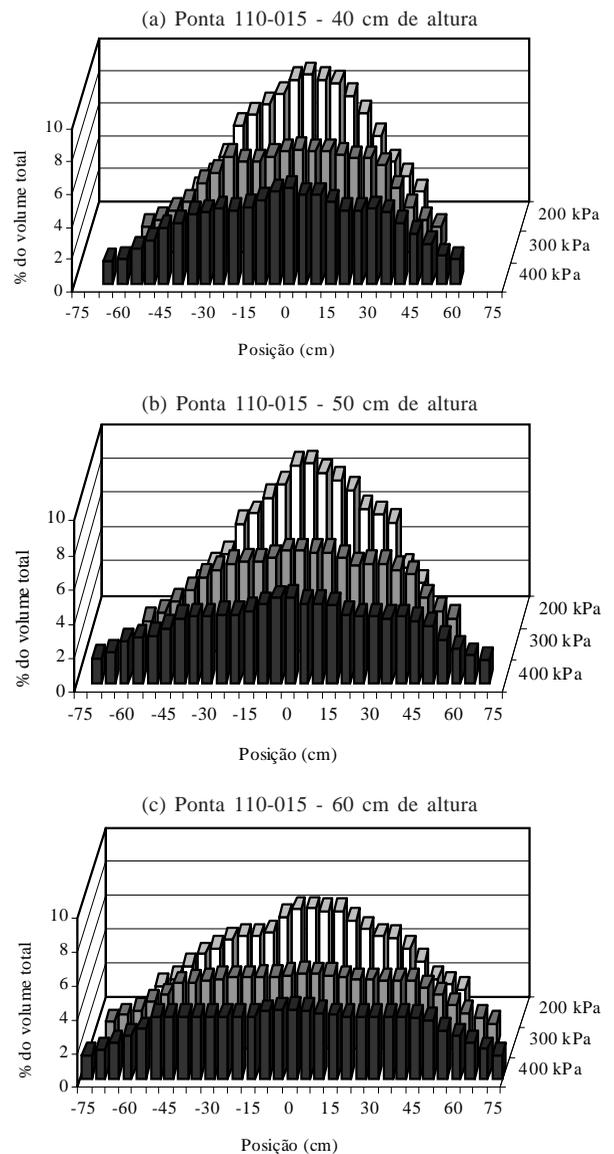


Figura 1. Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) da ponta hidráulica de jato plano duplo com indução de ar 110-015, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo

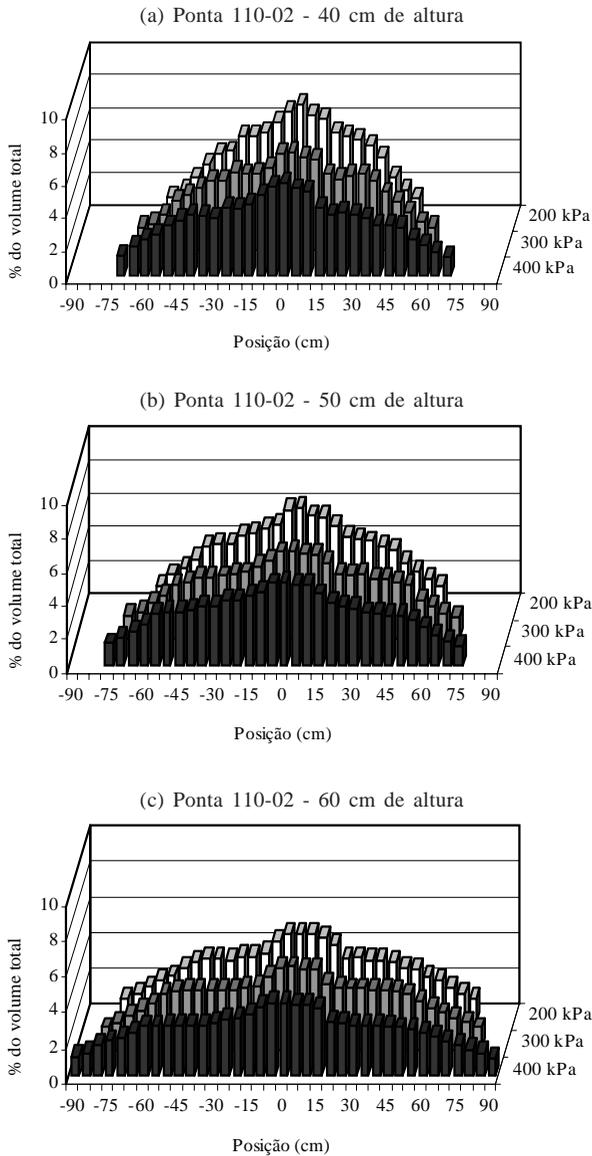


Figura 2. Perfis de distribuição volumétrica (volume *versus* posição) da ponta hidráulica de jato plano duplo com indução de ar 110-02, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

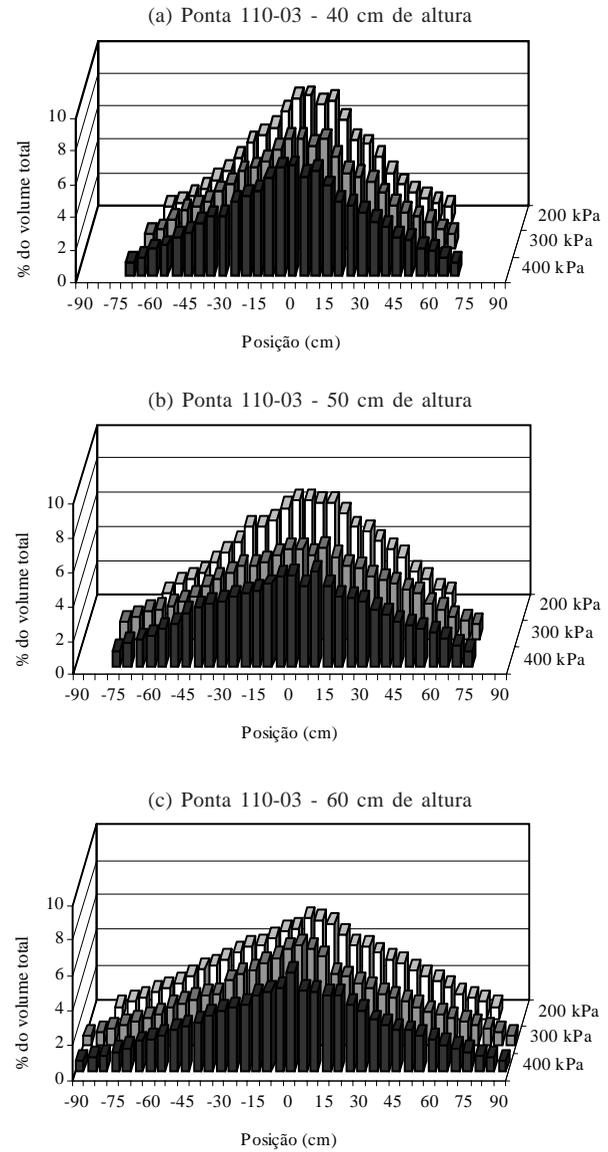


Figura 3. Perfis de distribuição volumétrica (volume *versus* posição) da ponta hidráulica de jato plano duplo com indução de ar 110-03, sob trabalho isolado, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

é que as pontas apresentem padrão suave, sem picos: deposição máxima no centro, laterais simétricas e rampas com inclinação constante (Christofoletti 2000).

As pontas de pulverização proporcionaram perfil característico que dependeu da vazão nominal, da altura da barra porta-bicos e da qualidade de fabricação. Esse perfil deve ser considerado para se fazer as recomendações de utilização das pontas, de maneira a obter cobertura uniforme.

As pontas, em geral, apresentaram perfis de distribuição triangular, simétrico e sem grandes depressões na zona central, o que permite, mediante correta sobreposição dos jatos de pulverização, boa

uniformidade de distribuição conjunta. À medida que se aumentou a pressão do líquido e a altura da barra porta-bicos ocorreu alongamento do perfil do jato, com menor concentração de líquido na parte central. O efeito da altura da barra foi similar nas pontas avaliadas; o padrão de deposição não foi alterado, mas ocorreu aumento da faixa de deposição.

Perecin *et al.* (1998), avaliando pontas de jato plano duplo sem indução de ar de outro fabricante, observaram pequenos picos nas laterais intermediárias do padrão e sugeriram que tal problema poderia ter sido causado pelo próprio tipo de ponta (jato plano duplo) ou devido a inclinação da mesa de distribuição. De forma semelhante, outros pesquisadores também

encontraram diferenças apreciáveis nos padrões de deposição entre alguns tipos de pontas, sendo, portanto, recomendada a realização de cuidadosos testes antes do seu emprego.

Na Figura 4 são mostradas as curvas do coeficiente de variação da distribuição volumétrica conjunta das pontas hidráulicas de jato plano duplo com indução de ar (110-015, 110-02 e 110-03), em diferentes pressões de trabalho, em função da relação entre espaçamento entre bicos e altura da barra. Essas curvas permitem analisar a condição ideal de trabalho para cada ponta. Considerando um limite pré-estabelecido para o coeficiente de variação e mantendo-se fixo o espaçamento entre bicos é possível, por exemplo, determinar a altura mínima de pulverização.

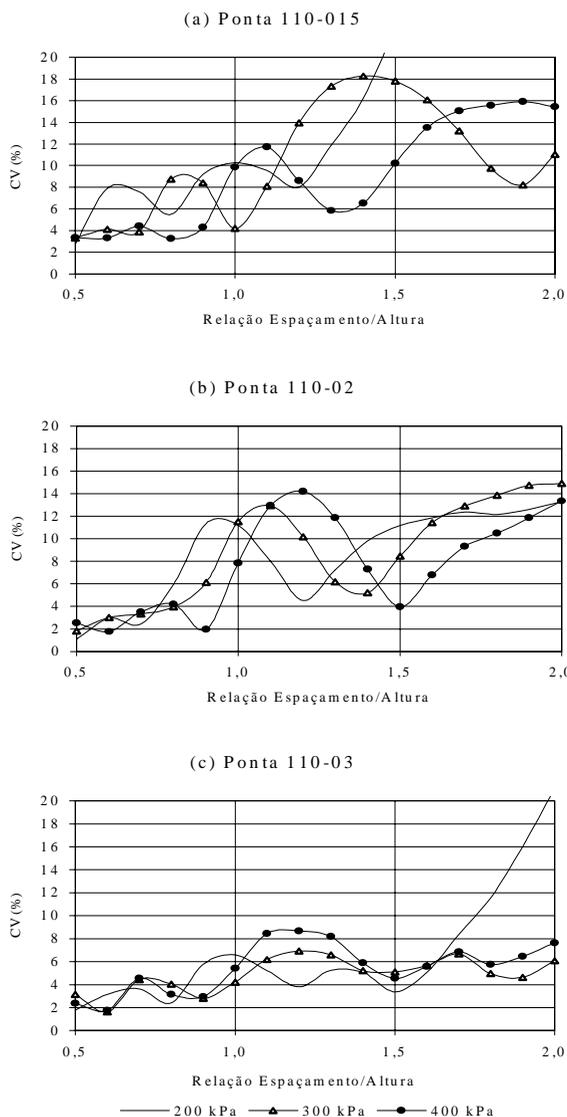


Figura 4. Curvas do coeficiente de variação (CV) da distribuição volumétrica conjunta de pontas hidráulicas de jato plano duplo com indução de ar 110-015, 110-02 e 110-03, em diferentes pressões de trabalho, em função da relação entre espaçamento entre bicos e altura da barra.

O programa computacional permitiu prever a uniformidade de distribuição, que se pode conseguir a partir da avaliação experimental do perfil de distribuição de uma ponta isolada, tornando possível calcular o coeficiente de variação da distribuição volumétrica conjunta de pontas, a partir da relação entre espaçamento entre bicos e altura da barra. Isso facilita a seleção das melhores condições de trabalho para cada ponta.

De maneira geral, o espaçamento entre bicos mais utilizado no Brasil é 50 cm, mas a altura da barra é variável. Dessa forma, é possível combinar essas duas variáveis, de forma a se obter melhor uniformidade de distribuição. Por exemplo, considerando o limite de 10% para o coeficiente de variação e mantendo-se fixo o espaçamento entre bicos é possível determinar a altura mínima de pulverização: para a ponta 110-015, na pressão de 200 kPa, a relação entre espaçamento e altura deve ser inferior a 1,25 e, portanto, para o espaçamento entre bicos de 50 cm, a altura mínima de trabalho deve ser de 40 cm (Figura 4a).

Para a ponta 110-015, o coeficiente de variação para a relação entre espaçamento e altura da barra ($R = E/A$) igual a 1,0 foi de 10,3%, 4,2% e 9,9%, respectivamente para as pressões de 200, 300 e 400 kPa (Figura 4a). Para a ponta 110-02, 11,2%, 11,5% e 7,9%; e para a ponta 110-03, 6,6%, 4,2% e 5,4%, conforme ilustrado nas Figuras 4b e 4c, respectivamente.

Analisando-se as curvas, é possível perceber ainda que, de maneira geral, as pontas apresentaram boa uniformidade de distribuição, principalmente para relações entre espaçamento e altura do bico inferiores a 1,0. Mediante pequenos ajustes de altura da barra ou de espaçamento entre bicos, podem-se obter valores de coeficiente de variação inferiores a 10%. A ponta 110-03 apresentou desempenho superior às demais, proporcionando faixa de uso de altura e espaçamento bastante ampla, dentro do limite tolerável de uniformidade de aplicação. Já a ponta 110-015 apresentou faixa de uso mais estreita. Ela requer altura da barra maior ou espaçamento entre bicos menor.

Bauer & Raetano (2004a), analisando a distribuição de algumas pontas hidráulicas, recomendam a utilização de espaçamentos menores entre bicos, pois há tendência de distribuição mais estável, além de menor influência, por variações de altura e pressão, na uniformidade de distribuição. Salienta-se que a altura da barra máxima tolerável é 90 cm. No entanto, altura de barra superior a 50 cm deve ser

evitada em condições de vento elevado. Maiores distâncias do alvo aumentam o risco potencial de deriva.

CONCLUSÕES

1. A uniformidade de distribuição das pontas avaliadas foi influenciada pela vazão nominal, pela pressão de trabalho e pela altura da barra.
2. As pontas apresentaram boa uniformidade de distribuição, principalmente para relações entre espaçamento e altura do bico inferiores a 1,0.
3. O aumento da pressão do líquido pulverizado promoveu alongamento do jato, resultando em maior uniformidade de distribuição.
4. A ponta de jato plano duplo com maior vazão nominal (110-03) apresentou melhor uniformidade de distribuição volumétrica.

REFERÊNCIAS

- Barthelemy, P., D. Boisgointer, L. Jouy & P. Lajoux. 1990. Choisir les outils de pulvérisation. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris. 160 p.
- Bauer, F. & C. G. Raetano. 2004a. Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR11003 e TXVK-4 em diferentes condições de Pulverização. Eng. Agric., 24 (2): 364-373.
- Bauer, F. & C. G. Raetano. 2004b. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. Planta Daninha, 22 (2): 275-284.
- Butler-Ellis, M. C., T. Swan, P. C. H. Miller, S. Waddelow, A. Bradley & C. R. Tuck. 2002. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. Biosystems Engineering, 82 (3): 289-296.
- Christofoletti, J. C. 2000. A importância da distribuição de uma ponta de pulverização. Teejet, São Paulo. 7 p. (Boletim Técnico BT-10/2000)
- Cunha, J. P. A. R. & M. M. Teixeira. 2001. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 5 (2): 344-348.
- Debouche, C., B. Huyghebaert & O. Mostade. 2000. Simulated and measured coefficients of variation for the spray distribution under a static spray boom. J. Agric. Engng. Res., 76 (1): 381-388.
- ECS. European Committee for Standardization. 1997. Agricultural and forestry machinery - Sprayers and liquid fertilizer distributors - Environmental protection - Part 2: Low crop sprayers - prEN 12761-2: 1997. CEN, Brussels. 17 p.
- ISO. International Organization for Standardization. 1986. Equipment for crop protection - Spraying equipment - Part 2: test methods for agricultural sprayers. ISO, Geneva. 5 p. (ISO 5682/2).
- Langenakens, J. 1999. Spraying nozzles: usability limits. ASAE, St. Joseph. 9 p. (ASAE Paper n.99-1027).
- Matthews, G. A. 1999. Application of pesticides to crops. Imperial College Press, London. 325 p.
- Matthews, G. A. 2002. The application of chemicals for plant disease control. p. 345-353. In J. M. Waller, J. M. Lenné & S. J. Waller (Ed.). Plant pathologist's pocketbook. CAB, London. 516 p.
- Perecin, D., V. A. Peressin., T. Matuo, B. A. Braz & L. C. Pio. 1998. Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ 15006 em mesa de prova. Pesq. Agropec. Bras., 33 (2): 175-182.
- Sidahmed, M. M. 1998. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. Transactions of the ASAE, 41 (3): 531-536.
- Voll, C. E., J. A. V. Castro & C. D. Gadanha Jr. 2004. Uniformidade de distribuição volumétrica do bico de pulverização hidráulico de jato plano XR11003 sob diferentes condições operacionais. p. 256-259. In Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 3. Botucatu, São Paulo. 267 p. Resumos.