

DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA E ESPECTRO DE GOTAS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO CÔNICO VAZIO

Elivânia Maria Sousa NASCIMENTO (1); Francisco Alexandre de Lima SALES (2); Weberte Alan SOMBRA (3); Igor Martins CORDEIRO (4); Mariana Alexandre de Lima SALES (5)

(1) Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza/CE, e-mail: elivania_sousa@yahoo.com.br

(2) Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza/CE, e-mail: alexandreirr@hotmail.com

(3) Universidade Federal do Ceará- UFC, Fortaleza/CE, e-mail: weberte_ufc@yahoo.com.br

(4) Universidade Federal do Ceará- UFC, Fortaleza/CE, e-mail: igor_m_cordeiro@hotmail.com

(5) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará- Sobral/CE, e-mail: mal_sales@hotmail.com

RESUMO

As pontas de pulverização são os componentes mais importantes numa pulverização agrícola, pois é ela que irá definir a quantidade de produto que atingirá o alvo. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição volumétrica e o espectro de gotas produzidas pelas pontas de pulverização hidráulicas de jato cônico vazio JA-2 e JA-5 submetidas às pressões de 420 e 1000 kPa. Os ensaios para avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica e caracterização da população de gotas foram realizados em duas etapas: na primeira etapa para a obtenção do perfil de distribuição utilizou-se uma mesa de teste padronizada seguindo a norma 5682/1; na segunda etapa foi realizada a caracterização do espectro de gota a partir dos seguintes parâmetros: diâmetro médio volumétrico (DMV), diâmetro mediano nominal (DMN), densidade das gotas (Dgotas) e diâmetro médio da gota (Dmédio). As pontas apresentaram um perfil de distribuição irregular com uma depressão na zona central e dois picos nas extremidades. O diâmetro mediano volumétrico variou de 182,3 a 454,3 µm, sendo que a ponta JA-2 com uma pressão de 420 kPa apresentou a menor média (182,3 µm), entre os tratamentos analisados. A uniformidade de distribuição volumétrica das pontas avaliadas e o espectro de gotas foram influenciados pela pressão de trabalho.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, defensivos, mesa de distribuição

1 INTRODUÇÃO

Na maioria das vezes, durante a aplicação de defensivos dá-se muita importância ao produto químico 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 (CUNHA e RUAS, 2006).

O aumento do uso de defensivos agrícolas no custo da produção agrícola e as crescentes preocupações ambientais obrigam, cada vez mais, o aperfeiçoamento das técnicas utilizadas para sua aplicação, visando reduzir a quantidade de produto aplicado e os riscos de contaminação ambiental (MENEGETTI, 2006).

A tecnologia de aplicação é determinada pela colocação da quantidade certa do produto no alvo e a escolha da ponta de pulverização é fundamental para que se obtenham gotas de tamanho ideal no momento da aplicação (MADOLOSSO, 2007).

Segundo Miller e Ellis (2000), as pontas de pulverização são os componentes principais em uma pulverização, por isso é importante definir a sua característica, uma vez que está vai influenciar diretamente na qualidade da aplicação. A eficiência na aplicação de agrotóxico só é possível quando se tem ponta que propiciem uma distribuição uniforme e espectro de gotas semelhante e de tamanho apropriado (CUNHA, 2003).

Para Delmond e Reis (2007), a ponta de pulverização é que irá definir a quantidade de produto que atingirá o alvo devendo, portanto ser selecionadas de acordo com o tipo de aplicação.

Para Madolosso (2007), as pontas são componentes essenciais para atingir o sucesso na aplicação e todo o esforço na aplicação do agrotóxico não passa de um desperdício se as pontas não forem apropriadamente selecionadas, instaladas e conservadas.

Segundo Sidahmed (1998), elas têm como funções: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em uma determinada área e controlar a saída de líquido por unidade de área.

A uniformidade de distribuição do jato produzido é importante para a adequada distribuição do produto sobre o alvo, aumentando assim a possibilidade de controle da praga. Para a realização desses estudos, é necessária mesa ou bancada de teste, na qual canaletas realizam a coleta do líquido a distâncias predeterminadas e depositam-no em recipientes individuais (CHAPPLE et al., 1993).

A avaliação do espectro de gotas na aplicação de agrotóxicos é importante, pois, dependendo do alvo a ser controlado, exigirá gotas de maior ou menor diâmetro, no qual, o modelo da ponta irá interferir, à distância em relação ao alvo, a pressão de pulverização, o ângulo de pulverização da ponta, o tipo de produto utilizado na pulverização, entre outros fatores (CÂMARA et al., 2008).

Conforme Antuniassi (2004), a definição de parâmetros como tamanho de gotas e volume de aplicação depende diretamente da relação entre o alvo a ser atingido e o produto utilizado.

As pontas de jato cônico vazio, são geralmente submetidas a pressões de trabalho variando de 200 a 1000kPa, produzem ângulo de abertura entre 60° e 80° e gotas pequenas, favorecendo assim a deriva. São montadas na barra porta-bicos com uma distância entre 0,25 m e 0,50 m, para permitir alcançar o volume necessário de agrotóxicos por área tratada (CHRISTOFOLETTI, 1991).

Tradicionalmente, as pontas de pulverização do tipo cone são utilizadas nas aplicações de fungicidas, inseticidas e dessecantes, em culturas com grande massa foliar, onde a penetração do jato e a cobertura são críticas. (SRIVASTAVA et al., 1993; MÁRQUEZ, 1997; WILKINSON et al., 1999 apud CUNHA et al, 2004).

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o padrão de distribuição volumétrica e o espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio da série JA em função da pressão de trabalho.

2 METODOLOGIA

Os ensaios para avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica, diâmetro mediano volumétrico, diâmetro mediano nominal, densidades de gotas, diâmetro médio das gotas foram realizados no Laboratório de Eletrônica e Máquinas Agrícolas (LEMA) e no Núcleo de Estudos de Máquinas Agrícolas no Semi-Árido (NEMASA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

Os ensaios foram realizados em duas etapas: Na primeira etapa foi avaliado, em laboratório, o perfil de distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização hidráulicas de jato cônico vazio da série JA (JA 2- preta e JA 5 - verde) submetidas às pressões de trabalho de 420 e 1000 kPa. As características das pontas avaliadas estão descritas na Tabela 1, de acordo com os dados obtidos com o fabricante (Jacto, 2009).

Tabela 1 - Características das pontas avaliadas

| Ponta | Tipo de Jato | Pressão (kPa) | Vazão nominal (L.min ⁻¹) |
|-------|--------------|---------------|--------------------------------------|
| JA-2 | Cônico vazio | 420 | 0,64 |
| JA-2 | Cônico vazio | 1000 | 1,00 |
| JA-5 | Cônico vazio | 420 | 1,60 |
| JA-5 | Cônico vazio | 1000 | 2,42 |

Fonte: Jacto (2009)

Na segunda etapa foi realizada, em campo, a análise de deposição de gotas geradas para a caracterização do espectro de gotas a partir dos seguintes parâmetros: diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro mediano nominal (DMN), densidade de gotas (DG) e diâmetro médio das gotas (Dmédio).

Para a determinação da uniformidade de distribuição volumétrica das pontas foi utilizada uma mesa de prova padronizada, de acordo com a norma ISO 5682/1 (ISO 1986). A mesa possui uma área de 1m² com vinte

canaletas em forma de “V” com 5 cm de profundidade e largura, um travessão na parte superior onde é fixado à barra porta-bicos, podendo-se trabalhar com a barra desde 40 até 100 cm de altura em relação à superfície da mesa, no final das canaletas existem provetas graduada de 100 mL com precisão de 1mL.

Quando a mesa se encontra na horizontal, o líquido é pulverizado, ficando retido nas canaletas. Colocando a mesa na posição vertical o líquido escorre para as provetas, obtendo-se as leituras de volume. A variação da pressão se deu através de um manômetro com capacidade nominal para 3449,3 kPa e resolução de 344,93 kPa.

Cada ponta foi instalada individualmente no centro da mesa de modo que o jato fosse lançado na posição vertical a uma altura de 50 cm em relação a mesa. Durante 60 segundos, foi coletado o líquido em provetas graduadas, alinhadas com as canaletas, ao longo da faixa de deposição das pontas, quando, então, encerrava-se a coleta, momento em que se fazia a leitura dos volumes de cada proveta. Todos os ensaios foram realizados em ambiente protegido, empregando-se como líquido de pulverização a água da rede pública à temperatura ambiente de acordo com a prescrição da Organização Internacional de Normatização (ISO, 1981). O perfil de distribuição de cada ponta testada individualmente foi determinado por meio de gráficos plotados com o número da canaleta versus volume coletado utilizando a planilha eletrônica (Microsoft Excel®).

As análises da deposição de gotas foram feitas a partir das impressões das gotas recolhidas em papéis hidrossensíveis, com dimensões de 2,5 cm por 7,5 cm, da marca Syngenta®. Para a determinação da deposição de gotas no campo, foi utilizado um pulverizador de barra da marca Jacto condor (AM-14), acoplado ao sistema de levante hidráulico e acionado pela TDP do trator. A altura da barra em relação às etiquetas foi de 50 cm, utilizando as pressões de 420 e 1000kPa.

Ao longo da faixa de aplicação foram posicionados quatro papéis hidrossensíveis, dispostos transversalmente à direção de avanço do pulverizador de barra a uma velocidade de deslocamento de $1,8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. No momento da aplicação a velocidade do vento era de $1,8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ e a temperatura de 31°C .

Após a passagem do pulverizador, as etiquetas foram retiradas e colocadas em sacos de papel e em seguida foram levados para o laboratório para serem digitalizados em escâner de mesa, com resolução de 600 dpi para quantificação do espectro de gotas. Este experimento teve o objetivo de avaliar o diâmetro mediano volumétrico – DMV (μm), o diâmetro mediano numérico – DMN (μm), a densidade de gotas – D_{gotas} (Ncm^{-2}) e o diâmetro médio – $D_{\text{médio}}$ (μm).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2×2 , sendo duas pontas e duas pressões, com quatro repetições para cada tratamento. Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.5 (2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Perfis de Distribuição Volumétrica

Os perfis de distribuição volumétrica de cada ponta avaliada são apresentados nas Figuras 1 e 2. Todas as pontas estavam a uma altura de 50 cm e as pressões de trabalho foram de 420 e 1000 kPa. Na Figura 1 podemos observar que a ponta JA-2 apresentou um perfil de distribuição irregular com uma depressão na zona central e um aumento nas extremidades quando submetida à pressão de 1000 kPa houve uma depressão acentuada e um aumento de volume coletado nas extremidades e da faixa pulverizada. Prat et al. (2008) avaliando a uniformidade da distribuição da ponta JA-2 nas pressões de 400 e 1000 kPa encontraram resultados semelhantes.

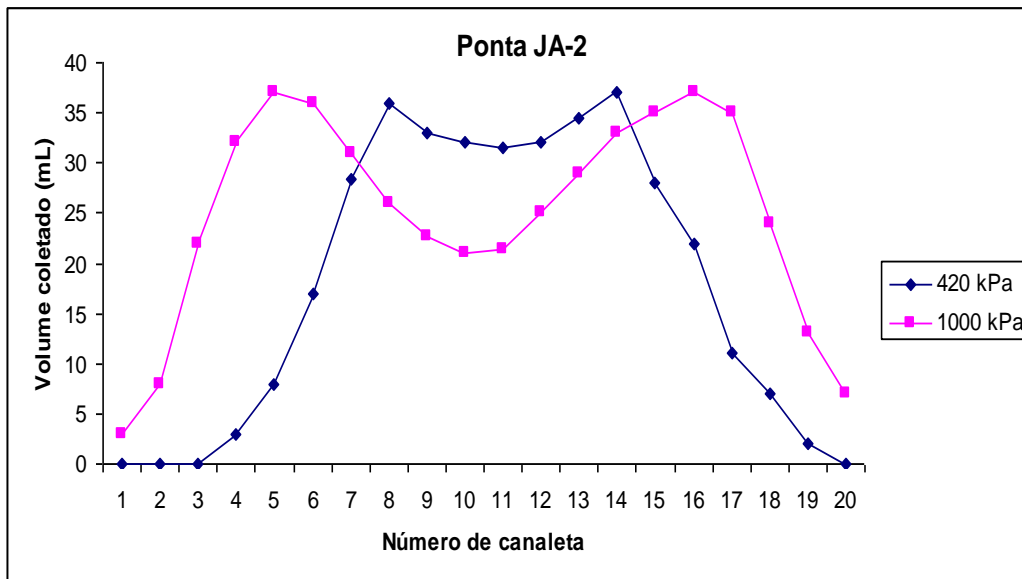


Figura 1 - Perfil de Distribuição da ponta JA-2 submetidas às pressões de trabalho

Na Figura 2 podemos observar o perfil de distribuição volumétrica da ponta JA-5 quando submetidas às pressões de trabalho, o aumento da pressão proporcionou a essa ponta apresentar um perfil de distribuição irregular com uma acentuada depressão na zona central e dois picos nas extremidades, o que dificulta a uniformidade de distribuição em área total.

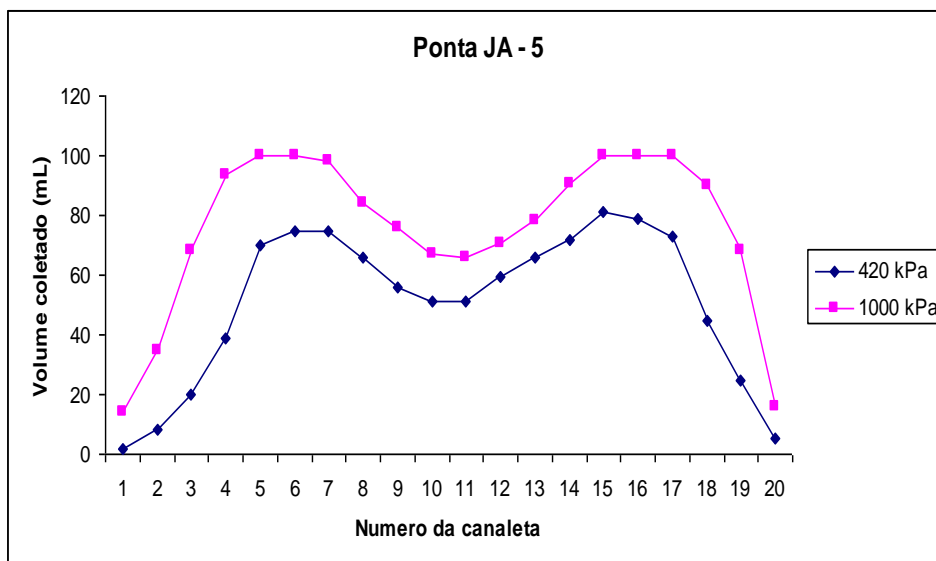


Figura 2 - Perfil de Distribuição da ponta JA-5 submetidas às pressões de trabalho

3.2 Análises de deposição de gotas

Encontram-se na Tabela 2 os parâmetros relacionados à distribuição das gotas pulverizadas em papel hidrossensível, as quais foram analisadas e quantificadas através de recursos computacionais. Por este método foram constatadas diferenças significativas para alguns parâmetros analisados.

Para o parâmetro diâmetro mediano volumétrico, que de acordo com Veliz (2007), é o tamanho da gota dentro do espectro da pulverização que divide o volume em duas partes iguais, uma metade do volume pulverizado com diâmetros maiores e a outra com diâmetros menores que o DMV. Verifica-se que a variação foi de 182,3 a 454,3 μm , sendo que a ponta JA-2 com uma pressão de 420 kPa apresentou a menor média (182,3 μm), entre os tratamentos analisados, médias de DMV inferiores a 250 μm indicam risco de deriva, que ocorre principalmente em virtude das gotas menores que 100 μm . A ponta JA-5 nas pressões de 420 e

1000 kPa apresentou as maiores médias e foi a única que diferiu significadamente entre os demais tratamentos através do teste de Tukey ao nível 5 % de significância. Nota-se que o incremento da pressão proporcionou um aumento no diâmetro das gotas.

O diâmetro mediano numérico (DMN) que é a soma dos diâmetros dividido pelo número de gotas, para a ponta JA-2 submetidas às pressões de 420 e 1000 kPa apresentaram as menores medias (146,6) enquanto que para a ponta JA-5 trabalhando com a pressão de 1000 kPa apresentou a maior média (174,1) entre os tratamentos analisados e a pressão de 420 kPa apresentou médias intermediárias entre esses valores extremos.

Para o parâmetro densidade de gotas (Dgotas) que significa a quantidade de gotas por unidade de superfície, a densidade de gotas variou de 257,8 a 291,7 e pode-se perceber que a ponta JA-5 apresentou a maior média (291,7) com pressão 1000 kPa em relação a pressão de 420 kPa, enquanto que a ponta JA-2 a pressão de 420 kPa apresentou a menor média (257,8) entre os tratamentos analisados, constatando que o aumento da pressão provocou um aumento do tamanho das gotas e um aumento da densidade de gotas.

Para o parâmetro diâmetro médio (Dmédio) houve uma variação de 141,3 a 206,9 μm e foi verificado que a ponta JA-2 com a menor pressão obteve a menor média (141,3) entre os tratamentos avaliados e a ponta JA-5 com pressão de 1000 kPa apresentou a maior média (206,9) sendo a única que diferiu estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Turkey.

Tabela 2- Tamanho e densidades das gotas nas pontas avaliadas.

| Ponta | Pressão(kPa) | DMV(μm) | DMN(μm) | Dgotas(N cm^{-2}) | Dmédio(μm) |
|-------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| JA-2 | 420 | 182,3 c | 146,6 c | 257,8 c | 141,3 d |
| JA-2 | 1000 | 236 b | 146,6 c | 279 ab | 153,9 c |
| JA-5 | 420 | 434,1 a | 165,5 ab | 262,6 bc | 183,9 b |
| JA-5 | 1000 | 454,3 a | 174,1 a | 291,7 a | 206,9 a |

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey

As classificações de tamanho de gotas (Tabela 3) são baseadas em especificações de acordo com os padrões BCPC (Conselho Britânico de Proteção às Culturas) e ASAE (Associação dos Engenheiros Agrícolas Americanos). Estabeleceu-se, também, uma cor de referência para cada classe de gotas, a fim de se criar fácil referência visual nos catálogos técnicos.

Tabela 3 - Classes de tamanho de gotas segundo normas ASAE S-572 e BCPC com características correspondentes de Diâmetro Mediano Volumétrico.

| Classe da Pulverização | Símbolo | Cor | DMV Aproximado (Norma ASAE) | DMV (Norma BCPC) |
|------------------------|---------|----------|-----------------------------|-------------------------|
| Muito Fina | MF | Vermelha | < 100 μm | < 119 μm |
| Fina | F | Laranja | 100 - 175 μm | 119 - 216 μm |
| Média | M | Amarela | 175 - 250 μm | 217 - 352 μm |
| Grossa | G | Azul | 250 - 375 μm | 354 - 464 μm |
| Muito Grossa | MG | Verde | 375 - 450 μm | > 464 μm |
| Extrem. Grossa | EG | Branca | > 450 μm | --- |

Fonte: ASAE (2004).

Na Tabela 4 encontram-se a classificação do tamanho da gota das pontas avaliadas de acordo com as especificações da ASAE S-472 (2004) e BCPD (1990). Segundo a classificação da ASAE a ponta JA-2 pôde ser enquadrada como gota média enquanto que a BCPD enquadrou essa ponta em gotas fina e média. A ponta JA-5 segundo a ASAE se enquadrou em gotas muito grossa, no entanto a BCPD enquadrou essa ponta em gotas média e grossa.

Tabela 4 - Classificação do tamanho da gota das pontas avaliadas, conforme a ASAE e BCPD

| Ponta | Pressão (kPa) | DMV (μm) | ASAE | BCPD |
|-------|---------------|-----------------------|--------------|--------|
| JA-2 | 420 | 182 | Média | Fina |
| JA-2 | 1000 | 236 | Média | Média |
| JA-5 | 420 | 434,1 | Muito grossa | Média |
| JA-5 | 1000 | 454 | Muito grossa | Grossa |

4 CONCLUSÕES

As pontas apresentaram um perfil de distribuição irregular com uma depressão na zona central e dois picos nas extremidades. A uniformidade de distribuição volumétrica das pontas avaliadas foi influenciada pela pressão de trabalho. O espectro de gotas foi influenciado pela pressão de trabalho, à medida que a pressão de operação aumentava o diâmetro e a densidade das gotas também aumentava.

REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T.V.; BONELLI, A.P.O.; ROMAGNOLE, H.W.C. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 2004, Botucatu. **Anais**, Botucatu: RAETANO. 2004. p 48-51.

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

ASSISTAT Versão 7.5 beta. 2010. Disponível em: <<http://www.assistat.com>> Acessado em: 07/03/2010.

B.C.P.C. - Nozzle selection handbook. Bulletin 611/TA1, 1990. 40p. In: CHRISTOFOLETTI, J. C. Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle. **Boletim Técnico**. São Paulo: Teejet, 1999. 15 p.

CAMARA, F.T. da; JOSÉ L. SANTOS, J.L.; SILVA, E. A; FERREIRA, M. C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida xr11003. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.740-749, out./dez. 2008.

CHAPPLE, A.C.; HALL, F.R.; BISHOP, B.L. Assesment of single nozzle patteration and extrapolation to moving booms. **Crop Protection**, Guildford, v.12, n.1, p.207-13, 1993.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Bicos de pulverização**: seleção e uso. Diadema: Spraying Systems, 1991. 9p.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.

CUNHA, J. P. A. R. **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro**. 81 f. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

CUNHA, J.P.A.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F.; FERNANDES, H.C.; COURY, J.R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.977-85, 2004.

CUNHA, J. P.A. R.; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 36 (1): 61-66, 2006.

DELMOND, J. G.; REIS E. F. dos. Características Técnicas de Pontas de Jato Plano com indução de ar. 2007. (**Apresentação de Trabalho/Seminário**). Universidade Estadual de Goiás, UNUCET/Anápolis – GO.

FELIPE T. DA CAMARA, JOSÉ L. SANTOS, ELIAS A. SILVA, MARCELO DA C. FERREIRA. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.740-749, out./dez. 2008.

ISO. International Organization for Standardization. Equipment for crop protection. **ISO Standards** 5682/1/1981. Geneva.p.358-371.1986.

MADALOSSO, M. G. **Espaçamento entre linhas e pontas de pulverização no controle de *phakopsora pachyrhizi* sidow**. 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

MENEGHETTI, R. C. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura do trigo**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

MILLER, P. C. H.; ELLIS, M. C. B. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protec.**, v. 19, p. 609-615, 2000.

SIDAHMED, M.M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Michigan, v. 41, n. 3, p. 531536, 1998.

PRAT, M.I.H.; RODRIGUES, G.J. TEIXEIRA, M.M. Características operacionais de las boquillas de pulverización hidráulica de chorro plano y cónico hueco. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuárias**. Vol. 17, No. 3, 2008.

VELIZ, R. D. C. **Avaliação de dois sistemas para aplicação de agrotóxicos em citros**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Máquinas agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.