

SISTEMAS DE PULVERIZAÇÃO NA UNIFORMIDADE DO DEPÓSITO E ESPECTRO DE GOTAS DA PULVERIZAÇÃO NO ALGODOEIRO

Jhonatan Diego Cavalieri¹, Carlos Gilberto Raetano², Lais Lorena Queiroz Moreira³; Ronaldo Porto Madureira⁴

¹ Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Proteção de Plantas) na FCA/UNESP, Botucatu-SP, (14) 98120 0694, e-mail: jdcavalieri@gmail.com;

² Eng. Agrônomo, Professor Adjunto da FCA/UNESP, Botucatu-SP;

³ Eng. Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola na UFV, Viçosa-MG.

⁴ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Agronomia (Agricultura) na FCA/UNESP, Botucatu-SP;

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Dois experimentos foram conduzidos em lavoura comercial de algodão *Gossypium hirsutum* L., na safra agrícola 2012/2013, em diferentes estádios fenológicos (B9 e F13), para avaliar o efeito de pontas de pulverização de energia hidráulica e um sistema de pulverização de energia centrífuga sobre a uniformidade do depósito da pulverização e espectro de gotas. Os tratamentos foram constituídos por três técnicas de pulverização: pontas de jato plano simples e jato plano inclinado com indução de ar, sob taxa de aplicação de 120 L.ha⁻¹; e sistema de energia centrífuga – atomizador rotativo de disco - sob taxa de aplicação de 20 L.ha⁻¹. Para a avaliação da uniformidade do depósito da pulverização, alvos artificiais foram fixados na superfície adaxial e abaxial das folhas do ápice e parte inferior do algodoeiro (Estádio B9). No estádio F13 também foi avaliada a deposição na parte média das plantas. O espectro de gotas foi determinado em laboratório por meio de analisador de partículas a laser. O atomizador rotativo proporciona maior uniformidade do depósito da aplicação ao longo do perfil da planta, em ambos os estádios de desenvolvimento, podendo este resultado ser atribuído ao menor tamanho e maior uniformidade das gotas produzidas pelo atomizador rotativo em relação às demais pontas de pulverização hidráulicas.

PALAVRAS-CHAVE: atomizador rotativo de disco, pulverização, *Gossypium hirsutum* L.

SPRAY SYSTEMS IN DEPOSIT UNIFORMITY AND DROPLET SPECTRUM OF SPRAYING IN COTTON CROP

ABSTRACT: Two experiments were conducted in commercial farming of cotton, *Gossypium hirsutum* L., in 2012/2013 harvest, at different growth stages (B9 and F13), to evaluate the effect of hydraulic spray nozzles and a centrifugal spraying system on the deposition uniformity and spray droplet spectrum. The treatments were constituted by three spray techniques: standard flat fan and inclined flat fan nozzles with air-induced, under 120 L.ha⁻¹ application rate; and the centrifugal spraying system - spinning disc atomisers - under 20 L.ha⁻¹ application rate. For the evaluation of the spray deposit, artificial targets were fixed on the adaxial and abaxial surface of the leaves from the apex and underside of cotton (B9 stage). In Stage F13 the middle parts of the plants were also evaluated. The droplet spectrum was determined in the laboratory by particle analyzer the laser. The rotary atomizer provides greater uniformity of filing of the application along the profile of the plant, in both stages of development, this result may be attributed to the smaller size and greater uniformity of droplets produced by the rotary atomizer relative to the other tips of hydraulic spraying.

KEYWORDS: spinning disc atomizer, spraying, *Gossypium hirsutum* L.

INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é classificado como uma cultura semi-perene, de hábito indeterminado, pertencente à família das Malváceas. Sua produção é essencialmente voltada para a exploração da fibra, que é universalmente utilizada como matéria-prima têxtil. A cultura apresenta uma série de problemas relacionados ao controle fitossanitário dentre os quais destaca-se a presença de diversas espécies de insetos fitófagos que incidem na cultura desde a fase de emergência até a maturação, ocasionando perdas no rendimento e qualidade do produto. A localização de algumas espécies de insetos-pragas, como o exemplo da mosca branca (*Bemisia tabaci*), lagarta-falsa-medideira (*Pseudauglia includens*) e, recentemente a *Helicoverpa armigera*, tem apresentado problemas relacionados a eficiência de controle, principalmente por incidirem em partes da planta menos expostas às pulverizações (SANTOS, 2010).

Quando objetiva-se monitorar e avaliar a qualidade e a segurança de um tratamento é importante caracterizar o diâmetro das gotas produzidas para adequar a tecnologia de aplicação ao controle que se deseja obter (RUAS et al., 2009).

O depósito e o espectro de gotas podem ser considerados dois dos principais componentes em uma pulverização, podendo ser associado à bioeficácia do tratamento fitossanitário, às perdas do ingrediente ativo e ao impacto ambiental gerado (CÂMARA et al., 2008; CUNHA 2011).

Atualmente, há uma tendência de redução dos volumes de calda, a fim de diminuir os custos de produção, aumentar a pontualidade e elevar a capacidade operacional das aplicações. Neste contexto, alguns sistemas de pulverização dotados de tecnologia que permitem trabalhar com aplicações a baixo volume, melhorando o aproveitamento dos maquinários, ingrediente ativo e demais recursos utilizados.

Atualmente têm-se disponíveis no mercado tecnologias com características construtivas que oferecem vantagens tais como o controle da uniformidade das gotas geradas, proporcionadas pela tecnologia CDA (Controlled Drop Application), redução das gotas suscetíveis a deriva em resposta características podem ser úteis na melhoria do aproveitamento do ingrediente ativo e do volume de calda pulverizado, possibilitando reduzir a taxa de aplicação e maximizar a capacidade operacional das máquinas, além de diminuir os riscos de contaminação ambiental. Por isso, torna-se necessário a realização de um trabalho que auxilie na identificação da combinação entre os recursos utilizados em uma pulverização, de forma a obter maior eficiência e uniformidade da distribuição sobre o dossel da cultura. Logo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de sistemas de pulverização de energia hidráulica e centrífuga sobre a uniformidade do depósito e espectro de gotas da pulverização, na cultura do algodão.

MATERIAL E MÉTODOS

Depósito da pulverização

Dois experimentos foram conduzidos em lavoura comercial de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), na safra agrícola 2012/2013, para avaliação do desempenho de pontas de pulverização de energia hidráulica e centrífuga sobre a uniformidade do depósito e espectro de gotas da pulverização.

Os experimentos foram conduzidos em Holambra II, distrito municipal de Paranapanema, SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°37'59" sul e longitude 47°03'20" oeste e altitude de 600 m em relação ao nível do mar. A cultivar FIBERMAX fm 910, foi semeada sob sistema de semeadura direta, em 30 de outubro de 2012, com densidade média de 10 plantas por metro linear e espaçamento de 0,96 m entre linhas, totalizando 104.167 sementes.hectare⁻¹.

Aos 74 dias após a semeadura (DAS), quando a cultura estava no estágio B9 (nono botão floral visível) (MARUR & RUANO, 2001) e antecedia o fechamento da entrelinha, realizou-se uma pulverização para avaliação do depósito, cobertura e espectro de gotas da pulverização nas plantas do algodoeiro. (Figura 1).

O segundo experimento foi instalado aos 117 dias após a semeadura (DAS), quando as plantas estavam no estágio F13 (primeiro botão floral no 13^o ramo se transforma em flor, (MARUR & RUANO, 2001), etapa na qual o dossel da cultura apresentava-se completamente fechado (Figura 7).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados e os tratamentos foram constituídos de por três técnicas de pulverização: pontas de jato plano simples e jato plano inclinado com indução de ar, sob taxa de aplicação de 120 L.ha⁻¹; e sistema de energia centrífuga – atomizador rotativo de disco - sob taxa de aplicação de 20 L.ha⁻¹, em 4 repetições. Na pulverização com o sistema energia centrífuga (TurboTrator® TT-88B), utilizou-se o espaçamento entre pontas de 1,35m e volume de aplicação de 20 L.ha⁻¹, sendo 5% do volume correspondente a óleo vegetal (NATUR'L ÓLEO®) e 0,5% ao emulsificante nonil fenoxi poli etanol (AGRAL®), seguindo o recomendado pelo fabricante (Centro Brasileiro de Bioaeronáutica – CBB, 2013). Neste modelo de ponta, a pulverização é produzida por meio da rotação de discos de polietileno sobrepostos com diâmetro de 8,7 cm, que apresentam ranhuras responsáveis por direcionar o líquido a periferia dos discos, onde são geradas as gotas. A rotação dos discos é comandada por um motor elétrico ligado a um controlador de rotação que por sua vez é conectado a bateria do pulverizador. Na pulverização o controlador foi regulado para produção de gotas de tamanho médio, com rotação dos discos correspondente a 5900 rpm. O ângulo dos bicos foi ajustado a 300 em relação à vertical, a favor do deslocamento do pulverizador (Figura 3).

O controle da vazão dos bicos de energia centrífuga foi conferida pela combinação entre pontas e cores do tipo jato cônico “Disc Type TEEJET” da série D (Tabela 1), sendo alterada para cada velocidade de deslocamento conforme a necessidade. Os tratamentos e respectivas condições operacionais estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados para a avaliação do depósito e cobertura da pulverização, aos 74 DAS do algodoeiro.

Trat.	Ponta	Téc. de Pulverização	Pressão (kPa)	Volume (L.ha ⁻¹)	Vazão (L.minx)
T1	TT-88B	EC	414	20	0,54
T2	AXI 11003	LS	400	120	1,2
T3	GA 11002	LSAI	745	120	1,2

* combinação entre ponta e core (D2-13), regula a vazão de líquido nos bicos rotativos. EC: ponta de energia centrífuga; LS: ponta jato plano simples; LSAI: ponta jato plano simples inclinado.

A unidade experimental (parcela) foi dimensionada com 12 m x 30 m (360 m²), onde 12 m correspondiam à meia barra do pulverizador e 30 m, o comprimento da parcela necessário para estabilizar a velocidade de deslocamento durante a pulverização e eliminar riscos de contaminação de áreas adjacentes. A área útil para coleta das amostras foi 8 m x 10 m (80 m²), na parte central da parcela. Cada repetição foi representada por 10 plantas, escolhidas ao acaso, no interior da parcela útil. As pulverizações foram feitas cobrindo toda a parcela e iniciando o deslocamento 30 m de distância antes da parcela a ser pulverizada (divisor da parcela), a fim de obter estabilidade na velocidade de deslocamento.

Para as pulverizações utilizou-se um pulverizador autopropelido, modelo Uniport, 2011, tanque com capacidade de 2000 L e barra de 24 m de comprimento (Figura 2). A pulverização foi realizada no sentido da linha de semeadura das plantas de algodão utilizando meia barra do pulverizador, equipada com 24 bicos de pulverização hidráulicos, ou 8 pontas de energia centrífuga, espaçadas de 1,35 m e mantendo-a à 0,50 m de altura com relação ao ápice da planta. As marchas e acelerações de trabalho para cada velocidade de deslocamento foram previamente definidas utilizando um controlador eletrônico embarcado.

Durante a pulverização dos tratamentos fez-se o monitoramento das condições meteorológicas locais com o auxílio de um anemômetro modelo AM-4201 e um leitor de temperatura e umidade modelo HT-3003, portátil, respeitando-se os limites de velocidade do vento (3-10 km.h⁻¹),

temperatura (inferior a 30 °C) e umidade relativa do ar UR% (60-80%), consideradas adequadas à realização de pulverizações (ANDEF, 2010).

Para avaliar o depósito da pulverização seguiu-se a mesma metodologia descrita por Christovam et al. (2010), utilizando onde o utilizou-se como marcador um produto cúprico, na forma de oxicloreto de cobre (Cobox®) na concentração de 2500 ppm (2,5 g.L⁻¹ de água), que apresenta 50% de cobre equivalente em sua formulação. Para verificação da concentração exata do íon cobre na calda, uma amostra foi coletada no início da pulverização em cada tratamento, possibilitando assim a quantificação do volume de calda depositado nos alvos.

Os alvos artificiais utilizados na avaliação dos depósitos foram papéis filtro de dimensão 0,03 m x 0,03 m distribuídos em dez plantas dentro de cada unidade experimental, em direção perpendicular ao deslocamento do pulverizador. Os alvos artificiais foram fixados no ápice (última folha localizada no topo da planta com formação plena) e base (primeira folha da planta, folha inteira), sendo um na superfície adaxial e outro na superfície abaxial da folha em cada parte da planta, totalizando 40 alvos por parcela e 160 por tratamento (Figura 4). Os valores dos depósitos do marcador nos alvos artificiais foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Para isso, foi confeccionada um curva padrão de linearidade com a mesma calda aplicada sobre as plantas de algodão. A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg. L⁻¹ do marcador cúprico. Os dados de leitura do equipamento foram expressos em concentração (mg. L⁻¹) e, de posse da concentração inicial da calda, referente a cada tratamento, e do volume de diluição das amostras dos alvos artificiais (20 mL), determinou-se o volume extraído pelos alvos, de acordo com a Equação 1 (E1). A partir deste valor, dividiu-se o volume extraído pelos alvos pela respectiva área, obtendo-se assim, a quantidade em expressa em µL.cm⁻².

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \quad (E1)$$

Onde, C_i = concentração inicial na calda do tratamento pulverizado (mg L⁻¹); V_i = volume extraído pelo alvo (mL); C_f = concentração detectada em absorbância (mg L⁻¹) V_f = volume de diluição da amostra (mL). Após a pulverização do marcador, os alvos artificiais foram destacados das plantas com auxílio de uma pinça. Em cada parte da planta e na respectiva superfície da folha de algodão cinco papéis filtro foram armazenados em conjunto em sacos plásticos de dimensão de 0,06 x 0,22 m. Após o armazenamento dos papéis nos sacos plásticos, estes foram mantidos em caixa térmica (isopor), para posteriormente serem levados ao Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP - Campus de Botucatu, SP, onde procedeu-se o preparo das amostras.

Após a transferência dos papéis para o frasco de vidro, cada saco plástico foi lavado utilizando 20 ml de solução extratora de ácido nítrico a 1 Mol.L⁻¹, procedendo-se a agitação por 30 segundos visando a extração do resíduo do marcador presente no saco plástico para em seguida transferir o líquido ao frasco específico. Os frascos que continham papel filtro foram tampados e levados para serem agitados durante 15 minutos a uma velocidade de 220 rpm em mesa agitadora, para melhor extração da substância marcadora. Os vidros com as soluções foram mantidos em refrigerador (8 ± 3°C) por um período de 24h, para em seguida serem retirados até atingir temperatura ambiente. Posteriormente, os frascos foram levados para leitura em Espectrofotômetro de absorção atômica marca PERKIN-ELMER, modelo 2380, presente no Laboratório de Análise de Metais Pesados da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP - Campus de Botucatu, SP, (Figura 5).

Para permitir a comparação da eficiência das duas técnicas de pulverização (energia hidráulica e centrífuga) sobre o depósito nos alvos, fez-se a padronização da dosagem do marcador cúprico aplicado por unidade de área (g.ha⁻¹). Para isto, o volume depositado nos alvos (µL.cm⁻²) dos tratamentos que utilizaram a ponta de energia centrífuga com taxa de aplicação de 20 L.ha⁻¹, foram multiplicados pelo o fator de correção (FC=6), sendo este proporcional a taxa de aplicação dos tratamentos com pontas de energia hidráulica (120 L.ha⁻¹). Esse procedimento foi necessário para que a concentração do marcador cúprico fosse que ser mantida constante no tanque do pulverizador para prevenir a saturação e precipitação em tanque da substância marcadora.

Na análise dos dados, inicialmente foram aplicados os testes de Hartley e Shapiro-Wilk para avaliar a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos erros, respectivamente, a 0,05 de probabilidade. Posteriormente, eles foram submetidos à análise de variância e, quando pertinente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Avaliação do espectro das gotas

O experimento foi realizado no Laboratório de Análises do Tamanho de Partículas (LAPAR), do Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP.

O espectro e uniformidade de gotas foram avaliados por meio de aparelho medidor de tamanho de partículas em tempo real (Malvern Mastersizer S, versão 2.19). O equipamento dispõe de uma unidade óptica constituída por uma lente focal (300 mm), capaz de analisar gotas na faixa de 0,5 a 900 μm . Nesse equipamento, a unidade óptica determina o diâmetro das gotas do espectro pulverizado por meio do desvio de trajetória que sofrem os raios de um feixe de laser ao atingi-las.

O desvio que o laser sofre depende do tamanho da partícula. Quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (ETHERIDGE et al., 1999). As condições ambientais durante o experimento foram: temperatura do ar 23,5 °C; umidade relativa do ar de 60% e ausência de ventos.

O bico rotativo foi posto em funcionamento lateralmente ao feixe de laser e uma coifa foi instalada para que as gotas, ao saírem do disco, não atingissem a lente do aparelho e prejudicassem a leitura. O tempo de leitura calibrado para a repetição do jato aspergido por esse bico foi de um segundo.

Determinou-se o valor médio dos seguintes parâmetros: $Dv_{0,1}$ – 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 menor que esse valor, também conhecido como diâmetro da mediana volumétrica (DMV); $Dv_{0,9}$ – diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor e $Dv < 100 \mu\text{m}$ – percentagem do volume de gotas pulverizado com diâmetro inferior a 100 μm .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados referentes a uniformidade da pulverização obtida aos 74 DAE, antes do fechamento do dossel da cultura. Nesta fase da cultura, os sistemas de pulverização avaliados apresentaram diferenças significativas ($P < 0.05$) quanto a uniformidade de depósito do marcador nos alvos artificiais fixados em todas as partes da planta.

Tabela 1. Uniformidade (% de acúmulo) do marcador cúprico ao longo do perfil da planta do algodoeiro, aos 74 DAS, utilizando diferentes sistemas de pulverização.

Parte da planta/ Superfície foliar	Rotativo	AXI (%)	GA
Ápice /Adaxial	32 a*	76 b*	70 b*
Ápice /Abaxial	25 c	7 a	9 b
Base/Adaxial	24 b	12 a	12 a
Base/Abaxial	19 c	5 a	9 b

* Letras minúsculas iguais nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O atomizador rotativo de discos destacou-se como a tecnologia mais apropriada quando objetiva-se melhorar a uniformidade e a penetração da calda de pulverização no dossel da cultura. As demais tecnologias de energia hidráulica estudadas foram menos eficientes quanto à uniformidade da aplicação ao longo do dossel da planta, sendo semelhantes em relação à distribuição da calda, com acúmulo médio de 70% do marcador concentrado na superfície de maior exposição da planta (ápice da planta, superfície adaxial da folha). Observa-se ainda que houve

diferenças significativas entre o depósito obtido pelas pontas hidráulicas no ápice /abaxial e base/abaxial das plantas, com a ponta GA apresentando maiores valores de depósito quando comparada a ponta AXI.

Aos 117 DAS, observa-se que entre as tecnologias avaliadas a de energia centrífuga conferiu maior penetração sobre o dossel da cultura e uniformidade de distribuição da calda, sendo essa tecnologia possivelmente mais vantajosa para o controle de alvos biológicos que habitam as partes menos expostas da planta (Tabela 2).

Nesta época de avaliação o marcador acumulou-se mais expressivamente na superfície de maior exposição da planta (Ápice, superfície adaxial da folha), com porcentagens médias de acúmulo do marcador de 34 % e 83 %, para pontas de energia centrífuga e hidráulica, respectivamente.

Em média, a distribuição da calda proporcionada por pontas de energia hidráulica foi semelhante, com grande acúmulo do marcador no ápice da planta, superfície adaxial da folha. Em termos de controle, a grande desuniformidade poderia representar menor eficiência, já que para parte considerável das espécies de insetos que possuem hábito ficarem a menor exposição as radiações solares, evitando a perda de umidade corpórea ao ambiente. A maior desuniformidade de pulverização por parte das pontas hidráulicas também foi verificada por Bauer & Raetano (2003); Cunha et al. (2011).

Tabela 2. Uniformidade (% de acúmulo) do marcador cúprico ao longo do perfil da planta do algodoeiro, aos 117 DAS, utilizando diferentes sistemas de pulverização.

Parte da planta/ Superfície foliar	Rotativo	AXI (%)	GA
Ápice /Adaxial	34a*	83b*	85b*
Ápice /Abaxial	17b	3a	3a
Média/Adaxial	12b	9a	7a
Média/Abaxial	14b	2a	1a
Base/Adaxial	12b	2a	3a
Base/Abaxial	11b	2a	2a

* Letras minúsculas iguais nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 3 é mostrado o valores dos parâmetros de espectro das gotas produzidas pelos diferentes sistemas de pulverização. As pontas de energia centrífuga apresentam tamanho de gotas significativamente maior, quando comparados ao sistema de energia centrífuga, com variações de 70 - 348 e 60 - 153 μm , respectivamente.

Tabela 3. Parâmetros relacionados ao espectro das gotas ($Dv_{0,1}$; $Dv_{0,5}$; $Dv_{0,9}$ e % gotas $<100\mu\text{m}$), uniformidade formadas por diferentes sistemas de pulverização.

Tecnologia	$Dv_{0,1}$ (μm)	$Dv_{0,5}$ (μm)	$Dv_{0,9}$ (μm)	SPAN	% gotas $<100\mu\text{m}$
TT88-B	61,05 a	102,85 a	153,99 a	0,91 a	46,59 b
AXI 10003	69,58 b	164,84 b	331,57 b	1,59 b	22,06 a
GA 11002	70,15 b	160,71 b	348,94b	1,74 b	22,61 a

* Letras minúsculas iguais nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A amplitude relativa (SPAN) foi significativamente inferior as pontas de energia hidráulica, com valor médio 0,91, frente aos valores obtidos com as pontas hidráulicas de até 1,74. Isso representa que uma variação quase duplicada do tamanho das gotas formadas pelas pontas hidráulicas em comparação a de energia centrífuga, que em termos práticos, poderia representar menor eficiência do tratamento fitossanitário.

Apesar da maior eficiência e uniformidade de distribuição do depósito, o sistema de energia centrífuga apresentou valor de aproximadamente 47% do volume representado por gotas inferiores a 100 µm, sendo estas consideradas mais suscetíveis a deriva (MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000).

CONCLUSÃO

O bico rotativo proporciona maior penetração e uniformidade do depósito sobre o dossel do algodoeiro mesmo no estágio quando a cultura apresentava desenvolvimento pleno, podendo servir como ferramenta importante para o controle de alvos biológicos localizados em partes da planta de difícil acesso as gotas, podendo este resultado ser atribuído ao menor tamanho e maior uniformidade das gotas produzidas pelo atomizador rotativo em relação às demais pontas de pulverização hidráulicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Línea Creativa, 2004. 50p.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G.. air-assisted boom sprayer and spray deposition on bean plants. **Scientia Agricola**, Piraicaba, São Paulo, v. 60, n. 2, p.211-215, jun. 2003.

CAMARA, F.T.; SANTOS, J.L.; SILVA, E.A.; FERREIRA, M. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.740-749, 2008.

CUNHA, J. P. A. R. Da et al. deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, São Paulo, v. 31, n. 2, p.343-351, mar. 2011.

ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, C.T. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, Champaign, v.13, n.4, p.765-70, 1999.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.5, p.313-317, 2001.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **J. Agric. Eng. Res.**, v. 75, p. 127-137, 2000. Santos, 2010 Wolf, 2000.

RUAS, R. A. A. et al. Desenvolvimento e avaliação de um sistema experimental de pulverização visando a determinação de parâmetros para a aplicação de agrotóxicos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n.1, p.31-41, 2009.

WOLF, R. E. Strategies to reduce spray drift. Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p. (Application Technology Series).