

DESEMPENHO DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO QUANTO A INDUÇÃO DE AR NAS GOTAS¹

FRANCISCO FAGGION² & ULISSES ROCHA ANTUNIASSI³

RESUMO: Uma pulverização eficiente é dependente, dentre outros fatores, da ponta de pulverização utilizada. Existem vários tipos de pontas de pulverização disponíveis no mercado, sendo que as pontas com indução de ar geram gotas com ar em seu interior, o que altera o comportamento e a estrutura do espectro de gotas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de pontas com indução de ar quanto a quantidade de ar induzido em função da vazão da ponta e da pressão de trabalho. Para tanto foi construído um funil para capturar as gotas pulverizadas a partir de pontas com indução de ar, coletando-se o líquido para determinação de sua densidade, com conseqüente estimativa da quantidade de ar induzido. As pontas avaliadas foram as seguintes: AI 110015, AI 11002, AI 11003 e AI 11004. A calda utilizada foi composta da mistura de água com surfactante não iônico a base de nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol, na concentração de 0,1% v/v, aplicado nas pressões de 200, 250, 300, 350 e 400 kPa. Os resultados mostraram que as pontas estudadas induziram em média 21,51% de ar nas gotas nas diferentes pressões avaliadas, sendo que a variação da pressão de trabalho alterou a porcentagem de ar incluído às gotas. Para uma mesma pressão, as pontas foram semelhantes entre si quanto a indução de ar.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, pressão, inclusão de ar.

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor intitulada: Desenvolvimento de métodos para estimar a quantidade de ar incluído às gotas por pontas de pulverização com indução de ar.

² Professor da UNISC - Santa Cruz do Sul/RS - Brasil e aluno do curso de PG Energia na Agricultura - FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil.

³ Orientador e docente do Departamento de Engenharia Rural - FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil.

PERFORMANCE OF AIR INDUCTION NOZZLES REGARDING THE AMOUNT OF AIR INDUCED ON THE DROPLETS

SUMMARY: *An efficient application of agrochemicals depends, among other factors, on the type of nozzles used. Several types of nozzles are available on the market. The air induction nozzles generate droplets with air in their interior, which alters both the behaviour and the spectrum of the droplets. The objective of this research was to assess the performance of air induction nozzles regarding the amount of air induced, in function of the nozzle output and the work pressure. A funnel was built in order to capture the droplets with air; those droplets were captured in order to find out the volume of the mixture and the weight of the mass of the liquid. The following agricultural air induction nozzles were evaluated: AI 110015, AI 11002, AI 11003 and AI 11004. The solution spread was composed of water with 0.1% v/v of a nonionic surfactant based on nonylphenoxy polyethoxyethanol, sprayed at working pressures of 200, 250, 300, 350, and 400 kPa. The air induction nozzles induced an average of 21,51% of air on the droplets. The variation of the working pressure had influence on the percentage of air included and the nozzles were similar to each other regarding the induction of air maintaining constant the working pressure.*

Keywords: *Application technology, pressure, air inclusion.*

1 INTRODUÇÃO

Dentre os componentes dos pulverizadores hidráulicos agrícolas, as pontas de pulverização têm grande influência sobre as características da aplicação de agrotóxicos. Existem vários tipos de pontas de pulverização disponíveis no mercado. Um desses tipos utiliza o princípio de Venturi para induzir ar ao líquido e tem como característica a geração de gotas de maior diâmetro e com ar em seu interior, as quais normalmente apresentam baixo risco de deriva (Miller, 2001). O diâmetro do orifício de entrada de líquido controla o fluxo e o do orifício da ponteira controla o tamanho das gotas, o que é independente da vazão da ponta de acordo com Butler-Ellis et al. (2001).

Matthews (1999) alerta que o desenho, o material da construção, o modo de operação e de manutenção das pontas influenciam a qualidade da aplicação. As pontas de pulverização com indução de ar não são adequadas para todos os tipos de pulverização. Como exemplo, Machry (2002), estudando o efeito da

pressão de trabalho sobre a eficiência de diferentes pontas de pulverização no manejo químico de picão preto (*Bidens spp.*) em soja, verificou que a ponta AI 110015 mostrou-se imprópria para a aplicação do herbicida de contato bentazon.

Segundo Butler-Ellis et al. (1997), a inclusão de bolhas de ar no interior das gotas pode alterar o diâmetro e a velocidade das mesmas, além de alterar a estrutura do espectro de gotas. Butler-Ellis e Tuck (1999) mencionam que as formas de rompimento da lâmina do líquido para cinco modelos de pontas convencionais e sete diferentes líquidos foram o da perfuração para as emulsões e oscilação para as soluções, sendo que o aumento do comprimento da lâmina resultou em gotas de menor diâmetro.

A classificação de pontas de pulverização, de acordo com Southcombe et al. (1997), tem como principais funções definir o tipo de espectro das gotas mais apropriado para o produto, espécie a ser controlada, características do alvo e para evitar pulverizações ambientalmente inaceitáveis. Qualquer sistema utilizado para classificar sprays com ar incluso necessita um método para encontrar o volume de ar contido nas gotas, segundo Miller & Butler-Ellis (2002).

As pontas de pulverização com indução de ar produzem em geral gotas maiores do que as gotas usualmente produzidas por pontas similares se a indução, sendo que muitas destas gotas contêm uma ou mais bolhas de ar (Matthews, 2000). Cecil (1997), Matthews (1999) e Piggott & Matthews (1999) acrescentam que, geralmente, essas pontas de pulverização produzem gotas com baixo risco de deriva. No entanto, estes autores alertam que existe grande variação nas características do spray produzido por diferentes modelos de pontas que utilizam o princípio de Venturi devido aos diferentes desenhos do sistema de indução de ar.

Os sistemas usuais de controle de pulverização para aplicação em doses constantes corrigem a vazão pela simples alteração da pressão de trabalho, conforme descrito por Figueiredo (1999), Gadanha Júnior (2000) e Carvalho (2003). Esta mudança da vazão através do ajuste de pressão serve para compensar alterações na velocidade de avanço do equipamento de aplicação, por exemplo, visando depositar a mesma quantidade de produto por área. Neste caso, Lund (2000) cita que a modificação de pressão pode alterar o comportamento do espectro de gotas gerado na pulverização. Existem ainda os sistemas para aplicação localizada que alteram a dose pela variação da pressão combinada com a utilização de pontas de diferentes vazões (sistemas seletores de pontas), a exemplo do sistema descrito por Miller et al. (1997). Tais sistemas possibilitam maior flexibilidade na amplitude de variação das vazões, mas mantêm ainda algum grau de dependência da variação de pressão, com conseqüente possibilidade de interferência no espectro das gotas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de pontas com indução de ar quanto a quantidade de ar induzido nas gotas em função da vazão da ponta e da pressão de trabalho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades relativas a este trabalho foram desenvolvidas em laboratório junto ao Chemical Application Group do Silsoe Research Institute, na Inglaterra.

Para capturar as gotas do spray gerado por diferentes pontas de pulverização foi construído um funil com 1,0 m de altura e 0,98 m de diâmetro no topo, de acordo com metodologia descrita por Faggion (2002). Na construção do funil foi utilizada uma lâmina fina de polivinilcarbono, por possuir superfície flexível, com a finalidade de absorver parte do impacto das gotas, de forma a evitar a sua ruptura e a conseqüente perda do ar. Abaixo da saída do funil foi colocada uma proveta graduada de 250 mL para receber e armazenar a mistura, conforme pode ser visto na Figura 1.

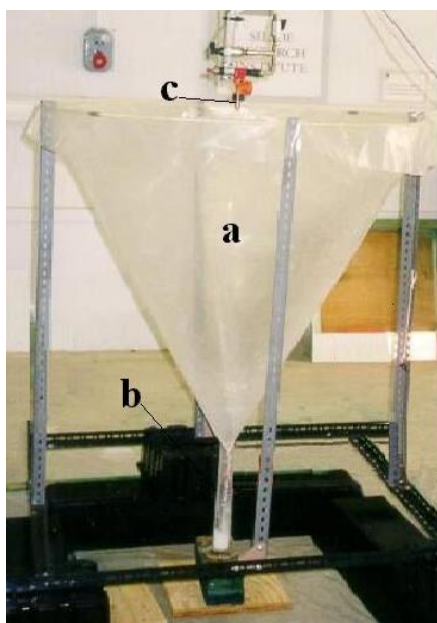


Figura 1 - Funil para captura das gotas (a), proveta graduada (b) e ponta de pulverização (c).

A calda utilizada foi composta da mistura de água com surfactante não iônico a base de nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol (Agral), na concentração de 0,1% v/v. O surfactante provoca o abaixamento da tensão superficial da água e aumenta o período de vida das gotas com ar em seu interior. Isto facilita o trabalho de leitura do volume de ar inserido às gotas pelas pontas de pulverização, além de melhorar a

confiabilidade das leituras. Com efeito, visando realizar testes de desempenho das pontas, Gilbert (2000) indica o uso de um surfactante não iônico em mistura na calda.

As pontas com indução de ar utilizadas neste trabalho foram fabricadas pela Spraying Systems (Teejet) e possuem as seguintes especificações AI 110015, AI 11002, AI 11003 e AI 11004. As pressões de trabalho foram mantidas nos seguintes níveis: 200, 250, 300, 350 e 400 kPa.

O experimento foi organizado no esquema 4 x 5 (4 vazões x 5 pressões), perfazendo o total de 20 tratamentos. Cada tratamento foi repetido 3 vezes, correspondendo a um total de 60 parcelas experimentais. Os resultados obtidos foram submetidos a análise da variância utilizando o SAS® e quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para realizar o trabalho as pontas de pulverização foram posicionadas verticalmente, no centro e ao mesmo nível do topo do funil. A pulverização foi feita até que a mistura completasse aproximadamente $\frac{3}{4}$ da proveta, quando foi encerrada fechando-se o registro de saída de líquido. Imediatamente após o encerramento de cada coleta, a proveta graduada foi colocada numa superfície plana para realizar a leitura do volume e, em seguida, foi transferida para uma balança onde foi determinada a massa do líquido. O volume total coletado em cada amostra foi de aproximadamente 220 mL.

A leitura em mililitros feita na proveta correspondeu ao volume da mistura de líquido e ar. A massa em gramas lida na balança correspondeu ao volume do líquido contido na proveta em mililitros, pois o líquido utilizado nesse trabalho possui densidade igual a 1 (um). Conhecendo-se o volume do líquido e o volume da mistura, foi possível relacioná-los e encontrar a porcentagem volumétrica de ar capturado com o líquido em cada repetição (Equação 1).

$$Ar(\%) = \frac{Vm - Vl}{Vm} * 100 \quad (I)$$

Onde,

Ar (%) = Porcentagem volumétrica de ar

Vm = Volume da mistura, mL

Vl = Volume do líquido, mL

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na maioria dos tratamentos foram observados três níveis de fluído dentro da proveta: líquido, mistura de líquido com ar e espuma. A leitura do volume da mistura de líquido com ar foi feita na base do anel que separa a espuma da mistura. A espuma formada no topo da proveta não foi considerada pois pode ter se formado pelo impacto das gotas com a superfície interna do funil ou pela descida do líquido até a proveta. Além disso, essa espuma contém baixo volume de líquido.

A Figura 2 mostra as médias do ar capturado com o líquido pulverizado pelas pontas com indução estudadas, acrescentando-se o percentual de ar capturado por uma ponta de uso ampliado do tipo XR 11002 do mesmo fabricante, operando nas mesmas condições. Utilizando-se as pontas com indução de ar foi capturado em média 21,51% de ar, enquanto para a ponta sem indução de ar foi capturado em média 1,06%.

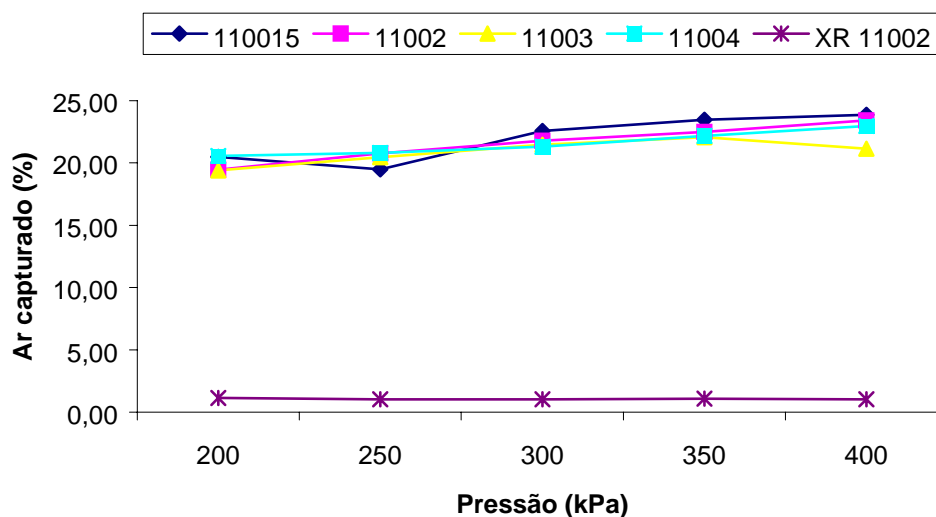


Figura 2 - Porcentagem de ar capturado em diferentes pressões de trabalho para as pontas avaliadas.

O Quadro 1 mostra a análise da variância dos dados da porcentagem de ar capturado com as gotas em função das pontas de pulverização e das diferentes pressões de trabalho, além das análises da comparação das médias e as interações entre os fatores.

Quadro 1 - Valores médios da porcentagem de ar capturado com as gotas por diferentes pontas e pressões de trabalho.

Fatores	Ar capturado (%)
Ponta	
110015	21,97 a
11002	21,58 a
11003	20,91 a
11004	21,56 a
Pressão	
200	19,97 c
250	20,38 bc
300	21,78 abc
350	22,55 ab
400	22,84 a
Valores de F	
Ponta	0,83 ns
Pressão	5,54 **
Interação vazão x pressão	0,41 ns
C.V. (%)	8,76

Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($\alpha \leq 0,05$).

** : significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha \leq 0,01$).

ns: não significativo.

Para um mesmo nível de pressão, não houve diferença na quantidade de ar capturado entre as pontas com indução de ar estudadas, evidenciando que as pontas AI 110015, AI 11002, AI 11003 e AI 11004 apresentaram o mesmo comportamento neste quesito. Entretanto, o aumento da pressão de trabalho proporcionou o aumento do ar capturado com as gotas pulverizadas. Em média, a pressão de trabalho de 200 kPa aplicada ao líquido resultou em 19,97% de ar incluído nas gotas, enquanto a pressão de 400 kPa resultou em 22,84% de ar capturado, com diferença significativa na análise estatística.

Em função desses resultados, a alteração da porcentagem de ar incluído devido ao uso de diferentes pressões resultará na influência da utilização dessas pontas em sistemas de aplicação de volume constante com correção da vazão por alteração da pressão, conforme descrito por Figueiredo (1999), Gadanha

Júnior (2000) e Carvalho (2003). Nestes sistemas, onde a variação de velocidade é compensada com a alteração da pressão de trabalho, o desempenho das pontas quanto ao potencial de deriva e cobertura dos alvos poderá ser significativamente modificado, tanto pelo potencial de modificação do espectro de gotas (Lund, 2000) quanto pela modificação na porcentagem de ar incluído nas gotas.

Da mesma maneira, a utilização das pontas com indução de ar em sistemas de dose variável com seletores de pontas e variação de pressão, como descrito por Miller et al. (1997), também deve ser criteriosa, pois no caso de haver variação da pressão, o resultado da aplicação poderá ser influenciado tanto pela alteração do espectro de gotas como da porcentagem de ar incluído às gotas.

Ainda, observando-se o Quadro 1, é possível verificar que não houve significância na análise de interação entre as diferentes pontas e as pressões de trabalho estudadas, mostrando que os dois fatores (pressão e ponta) são independentes entre si quanto à indução de ar.

4 CONCLUSÕES

A porcentagem de ar capturado com as gotas aumenta com o aumento da pressão de trabalho utilizando as pontas com indução de ar. Para um mesmo nível de pressão não houve diferença na quantidade de ar capturado entre as pontas com indução de ar estudadas.

É importante realizar novos estudos para a recomendação do uso de pontas com indução de ar em sistemas que se utilizam da variação da pressão como forma de variação da vazão, devido a influência potencial da variação da porcentagem de ar no desempenho da pulverização.

5 AGRADECIMENTO

Ao Silsoe Research Institute pela oportunidade concedida e aos seus pesquisadores Paul C. H. Miller, Steve Parkin e Margareth C. Butler-Ellis pela colaboração e discussão do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio dado ao primeiro autor para realizar doutorado sanduíche.

6 REFERÊNCIAS

BUTLER-ELLIS, M. C., BRADLEY, A., TUCK, C. R. The characteristics of sprays produced by air induction nozzles. In: THE BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL CONFERENCE WEEDS, 2001, Brighton. *Proceedings...* Surrey: The British Crop Protection Council, 2001. p.665-70.

BUTLER-ELLIS, M. C., TUCK, C. R. How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles. *Crop Protection*, v.18, p.101-9, 1999.

BUTLER-ELLIS, M. C., TUCK, C. R., MILLER, P. C. H. The effect of same adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. *Crop Protection*, v.16, p.41-50, 1997.

CARVALHO, W. P. A. *Desempenho de um controlador de fluxo com DGPS para máquinas de pulverização*. Botucatu, 2003. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CECIL, A. R. G. Modified spray nozzle design reduces drift whilst maintaining effective chemical coverage. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS, 1997, Brighton. *Proceedings...* Farnham: British Crop Protection Council, 1997. p.543-8.

FAGGION, F. *Desenvolvimento de métodos para estimar a quantidade de ar incluído às gotas por pontas de pulverização com indução de ar*. Botucatu, 2002. 73p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

FIGUEIREDO Z. N. *Desempenho de sistemas de controle em pulverizadores de barras operando em condições de campo*. Botucatu, 1999. 72p. Dissertação(Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GADANHA JUNIOR. *Avaliação do tempo de resposta de controladores eletrônicos em pulverizadores agrícolas*. Botucatu, 2000. 125 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GILBERT, A. J. Local Environmental Risk Assessment for Pesticides (LERAP) in the UK. *Aspects of Applied Biology*, v.57, p.301-7, 2000.

LUND, I. Sprayer nozzles for precision pesticide application. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 2000, Coventry. *Proceedings...* Coventry: EurAgEng, 2000. v.1, p.325-6.

MACHRY, M. *Desempenho de pontas de pulverização na aplicação de herbicidas pós-emergentes*. Passo Fundo, 2002. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo.

MATTHEWS, G. A. *Pesticide application methods*. 3.ed. London: Blackwell Science, 2000. 432p.

MATTHEWS, G.A. *Application of pesticide to crops*. London: Imperial College Press, 1999. 325p.

MILLER, P. C. H. Directions and trends in research into pesticide application technology: the view of a research scientist. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: EFICIÊNCIA, ECONOMIA E PRESERVAÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO AMBIENTE, 2, 2001. Jundiaí. Disponível em: <<http://www.iac.br/~cma/Sintag>>. Acesso em: 21 mar 2002.

MILLER, P. C. H., BUTLER-ELLIS, M. C. Extending the international (BCPC) spray classification scheme. *Aspects of Applied Biology*, v.66, 2002.

MILLER, P. C. H., PAICE, M. E. R., GANDERTON, A. D. Methods of controlling sprayer output for spatially variable herbicide application. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS, 1997, Brighton. *Proceedings...* Farnham: British Crop Protection Council, 1997. p.641-4.

PIGGOTT, S., MATTHEWS, G. A. Air induction nozzles: a solution to spray drift? *International Pest Control*, v.41, n.1, p.24-8, 1999.

SOUTHCOMBE, E. S. E., MILLER, P. C. H., GANZELMEIER, H., ZANDE, J. C. V., MIRALES, A., HEWITT, A. J. The international (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS, 1997, Brighton. *Proceedings...* Surrey: British Crop Protection Council, 1997. p.371-80.