

JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA

**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DO CHLOROTHALONIL NO
CONTROLE DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA

**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DO CHLOROTHALONIL NO
CONTROLE DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 25 de julho de 2003.

Dr. Rogério Faria Vieira
(Conselheiro)

Prof. Haroldo Carlos Fernandes
(Conselheiro)

Prof. Antônio Teixeira de Matos

Prof. Nilson Salvador

Prof. Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Mauri Martins Teixeira, pela orientação, pela confiança e pela amizade ao longo do curso.

Ao pesquisador Rogério Faria Vieira, pelo incansável apoio, pela atenção e pelos ensinamentos.

Ao professor Haroldo Carlos Fernandes, pela amizade, pelas contribuições e pelas sugestões.

Ao professor José Renato Coury, pela atenção e pelo apoio despretensioso.

Aos funcionários da Epamig e do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo apoio e pelo bom convívio.

A todos os colegas de curso e amigos, em especial a Renato, Jean e Gilton, pelo apoio e pela boa convivência.

Aos meus pais, irmãos e familiares, pelo apoio e pela compreensão.

À Jomara, pelo apoio e pelo amor em todos os momentos.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA, filho de Ricardo Rodrigues da Cunha e Helenice Maria Arantes Rodrigues da Cunha, nasceu em Brasília, Distrito Federal, no dia 18 de março de 1976.

Em março de 1994, iniciou o curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, graduando-se em abril de 1999.

Em abril de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, o qual concluiu em outubro de 2000.

Em abril de 2001, iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2003.

ÍNDICE

Resumo	v
Abstract	vii
Introdução	1
Referências Bibliográficas	4
Desempenho Operacional de Bicos de Pulverização Hidráulicos de Jato Plano e de Jato Cônico Vazio	6
Resumo	6
Introdução.....	6
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão	18
Conclusões.....	35
Referências Bibliográficas	36
Deposição e Deriva de calda Fungicida Aplicada em Feijoeiro em Função de Bico de Pulverização e de Volume de calda	39
Resumo	39
Introdução.....	40
Material e Métodos.....	42
Resultados e Discussão	45
Conclusões.....	51
Referências Bibliográficas	51
Eficácia do Fungicida Chlorothalonil no Controle de Doenças do Feijoeiro em Função de Bico de Pulverização e de Volume de calda.....	55
Resumo	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	59
Resultados e Discussão	63
Conclusões.....	76
Referências Bibliográficas	77
Resumo e Conclusões	80

RESUMO

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2003. **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro.** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Conselheiros: Rogério Faria Vieira e Haroldo Carlos Fernandes.

Este trabalho teve como objetivos: avaliar o desempenho operacional de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio, submetidos a diferentes pressões do líquido e alturas da barra porta-bicos; avaliar a deposição e a deriva de calda fungicida pulverizada no feijoeiro com bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em dois volumes de aplicação; e avaliar o controle de doenças do feijoeiro com o fungicida chlorothalonil aplicado com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio, em duas doses e dois volumes de calda. Em laboratório, foram analisados o espectro de gotas, por meio de um analisador de gotas por difração de raio laser, e a uniformidade de distribuição volumétrica de bicos de jato plano standard e de jato cônico vazio submetidos a diferentes pressões. Em campo, foram instalados dois experimentos, um com o cultivar de feijão Pérola e outro com o Ouro Negro. Foi empregado o fungicida de contato chlorothalonil (0,75 ou 1,5 kg ha⁻¹ i.a.) em dois volumes de aplicação (125 ou 250 L ha⁻¹), com bicos de jato plano standard e de jato cônico vazio. Foram avaliados: severidade de doenças fúngicas, produtividade, deposição de calda em duas posições do dossel e deriva. Os

resultados permitiram as seguintes conclusões: a) a uniformidade de distribuição volumétrica superficial dos bicos avaliados foi influenciada pela vazão nominal, pela pressão do líquido e pela altura da barra porta-bicos; b) os bicos de jato plano apresentaram boa uniformidade de distribuição, enquanto os bicos de jato cônico vazio apresentaram distribuição volumétrica bastante variável, principalmente em função da vazão nominal; c) os bicos de jato plano e de jato cônico vazio propiciaram cobertura semelhante da folhagem do feijoeiro, tanto na posição superior quanto na inferior do dossel; d) o volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ proporcionou maior retenção de calda na folhagem e maior uniformidade de cobertura das plantas que o volume de 125 L ha⁻¹; e) as gotas formadas nas aplicações com bicos de jato cônico vazio estão mais sujeitas à deriva que as produzidas com bicos de jato plano, especialmente quando se emprega baixo volume de aplicação; f) não houve influência do tipo de bico de pulverização (jato plano e jato cônico vazio) e do volume de calda (125 e 250 L ha⁻¹), empregados na aplicação do fungicida chlorothalonil, no controle da antracnose, da mancha-angular e da mancha-de-alternária e na produtividade do feijoeiro; e g) o chlorothalonil propiciou bom controle das doenças.

ABSTRACT

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2003. **Application technology of chlorothalonil in the control of common beans diseases.** Adviser: Mauri Martins Teixeira. Committee members: Rogério Faria Vieira e Haroldo Carlos Fernandes.

The objectives of this study were: to evaluate the operational performance of hydraulic spray nozzles (standard flat fan and hollow cone), under different working pressures and positions in relation to the objective; to evaluate the deposition and the drift of fungicide sprayed at the common beans with flat fan and hollow cone nozzles, within two application volumes; and to evaluate the bean diseases control with the fungicide chlorothalonil applied with flat fan and hollow cone spray nozzles, in two doses and two application volumes. In laboratory, droplet spectrum, using a real time laser particle size analyzer, and the volume distribution uniformity of standard flat fan and hollow cone spray nozzles, under different pressures, were analyzed. In field, two experiments were installed: one with the Pérola bean and the other with the Ouro Negro bean. The fungicide chlorothalonil was used (0.75 or 1.5 kg ha^{-1}) in two application volumes (125 or 250 L ha^{-1}), with standard flat fan and hollow cone spray nozzles. The following parameters were evaluated: diseases severity, bean yield, deposition of fungicide within two positions of the crop and drift. The results allowed the following conclusions: a) the volumetric distribution

uniformity of the evaluated nozzles was influenced by the nominal flow, by the liquid pressure, and by the working height; b) the flat fan nozzles presented a good distribution uniformity, while the hollow cone nozzles presented a variable volumetric distribution, mainly due to the nominal flow; c) the flat fan and hollow cone nozzles provided similar cover of the bean leaves, both in the superior and the inferior position of the crop; d) the application volume of 250 L ha⁻¹ provided larger retention of fungicide in the leaves and bigger uniformity of coverage of the plants than the volume of 125 L ha⁻¹; e) the droplets formed in the application with hollow cone nozzles were more favorable to the drift than the ones produced with flat fan nozzles, specially when low application volume was used; f) there has not been influence of the type of nozzle (flat fan and hollow cone) neither of the application volume (125 and 250 L ha⁻¹), used in the application of the fungicide chlorothalonil, in the control of anthracnose, angular leaf spot and alternaria leaf spot and in the bean yield; and g) chlorothalonil has provided a good control of the diseases.

INTRODUÇÃO

As técnicas empregadas no cultivo do feijoeiro, em muitas regiões brasileiras, estão entre as mais atrasadas do setor agrícola. A atividade está comumente associada ao pequeno produtor e ao emprego de tecnologia simples. Por isso, há grandes oscilações na produção e na produtividade. No entanto, essa situação vem se alterando nos últimos anos. O cultivo dessa leguminosa vem, aos poucos, apresentando nova dinâmica, que está influenciando a rentabilidade da atividade. Conseqüentemente, o feijoeiro está deixando de ser lavoura de subsistência e transformando-se em cultura tecnificada.

O feijão, além de sua relevância na dieta do brasileiro, é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, em razão da grande área cultivada e da mão-de-obra empregada. A produção nacional de feijão está em torno de 2,9 milhões de toneladas, com área colhida de 4,3 milhões de hectares, e produtividade média de 684 kg ha⁻¹, sendo o Brasil o maior produtor mundial (FNP, 2002).

O risco parece ser um dos principais fatores desestimuladores do cultivo do feijão. A cultura é suscetível a numerosas doenças. Mais de 45 delas podem ocorrer durante o desenvolvimento da cultura, embora aproximadamente dez sejam realmente importantes (BORÉM e CARNEIRO, 1998). Essas doenças contribuem para a baixa produtividade do feijoeiro no Brasil. A produtividade média nacional está bastante abaixo do potencial da cultura, que é de mais de

4.500 kg ha⁻¹. Uma alternativa para contornar o problema é a aplicação de fungicidas, que diminuem a severidade das doenças e podem aumentar a produtividade da cultura.

Tradicionalmente, há, na sociedade, consenso de que os agrotóxicos são prejudiciais ao homem. No entanto, o seu uso tem contribuído para o aumento da produtividade e para a melhoria da qualidade dos alimentos. A utilização dos agrotóxicos deve ser feita de maneira racional, dentro do contexto mais amplo da proteção integrada de plantas. Evita-se, assim, a contaminação do solo e da água, os danos à saúde humana e animal e o aparecimento de pragas e doenças mais resistentes aos agrotóxicos.

Entre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos, 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, do tipo costal, utilizado em pequenas áreas, até os equipamentos mais sofisticados, como os pulverizadores de barra autopropelidos. Nesses equipamentos, os bicos de pulverização representam um dos principais componentes, pois influenciam diretamente na qualidade e segurança da aplicação.

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca atenção à técnica de aplicação. No entanto, além de se conhecer o produto a ser aplicado, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. Para isso, é necessário obter uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado.

O objetivo da tecnologia de aplicação de agrotóxicos é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, afetando o mínimo possível o ambiente (MATTHEWS, 2002). Muitas vezes, entretanto, parte do produto aplicado não atinge o alvo, principalmente em razão da deriva. Além dos danos que pode causar em culturas adjacentes, isso pode causar contaminação da água, do solo e dos alimentos.

No caso do feijoeiro, é comum a aplicação de fungicida com alto volume de calda e com gotas de pequeno tamanho, o que pode causar muita deriva. Segundo MURPHY et al. (2000), o desvio da trajetória das partículas liberadas durante a aplicação é influenciado pela velocidade dos ventos, pela altura da barra, pela velocidade de deslocamento do equipamento aplicador e pelo tamanho de gotas. Estudos têm mostrado que, durante a pulverização, à medida que aumenta a proporção de gotas com diâmetro inferior a 100 μm , também aumenta a deriva (SDTF, 1997). Biologicamente, no entanto, alto volume de calda aplicado com gotas de pequeno diâmetro é bastante eficaz no controle de doenças (WALKLATE, 1992 e CROSS et al., 2001). Portanto, alternativas a essa forma de aplicação devem ser estudadas, visando tornar a aplicação mais segura ambientalmente e de custo mais baixo.

A escolha e o uso adequado de bicos de pulverização são essenciais para a melhoria das condições de precisão e segurança na aplicação de defensivos (WOMAC et al., 1997). O conhecimento das condições de trabalho e, principalmente, do desempenho operacional dos bicos é básico para uma aplicação eficiente (CHRISTOFOLETTI, 1999). Segundo JOHNSON e SWETNAM (1996), a seleção apropriada dos bicos é o principal fator determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva.

Diante do que foi exposto, faz-se necessário, portanto, o estudo sobre o controle de doenças do feijoeiro utilizando novas tecnologias que permitirão maior eficiência de aplicação, traduzida por redução de custos, lavouras com menos problemas fitossanitários e ambiente preservado.

Este trabalho teve como objetivos: avaliar o desempenho operacional de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio, submetidos a diferentes pressões do líquido; avaliar a deposição e a deriva de calda fungicida pulverizada no feijoeiro com bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes volumes de aplicação; e avaliar o controle de doenças do feijoeiro, com o fungicida chlorothalonil aplicado com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes doses e volumes de calda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A Cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 13-17.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.

CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY, R.A.; RICHARDSON, G.M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v.20, p.333-343, 2001.

FNP. Comércio e Consultoria. **Agrianual 2003**. São Paulo, 2002. p. 345-354.

JOHNSON, M.P.; SWETNAM, L.D. **Sprayer nozzles: selection and calibration**. Lexington: University of Kentucky, 1996. 6p. Disponível em: <<http://www.uky.edu/Agriculture/Pat/pat3.pdf>>. Acesso em 6 agosto 2002.

MATTHEWS, G.A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J.M.; WALLER, S.J. **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p.345-353.

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. Engng. Res.**, London, v. 75, p. 127-137, 2000.

SDTF – Spray Drift Task Force. **A summary of ground application studies**. Missouri: SDTF, 1997. 6p.

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 Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrônomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

WALKLATE, P.J. A simulation study of pesticide drift from an air-assisted orchard sprayer. **J. Agric. Engng. Res.**, London, v. 51, p. 275-284, 1992.

WOMAC, A.R.; GOODWIN, J.C.; HART, W.E. **Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles.** St. Joseph: ASAE, 1997. 47p. (ASAE Paper n.97-1069).

DESEMPENHO OPERACIONAL DE BICOS DE PULVERIZAÇÃO HIDRÁULICOS DE JATO PLANO E DE JATO CÔNICO VAZIO

RESUMO

Os bicos de pulverização são os componentes mais importantes dos pulverizadores hidráulicos para aplicação de agrotóxicos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano standard e de jato cônico vazio com diferentes vazões nominais. Em ambiente controlado, avaliou-se o espectro de gotas, por meio de um analisador a laser de gotas em tempo real, e a uniformidade de distribuição volumétrica, nas faixas de pressão de 200 a 400 kPa para os bicos de jato plano e de 400 a 600 kPa para os bicos de jato cônico vazio. Realizou-se, também, um estudo teórico sobre a distância horizontal percorrida por gotas de tamanho conhecido. Os bicos de jato plano apresentaram boa uniformidade de distribuição, enquanto os bicos de jato cônico apresentaram distribuição volumétrica bastante variável, principalmente em função da vazão nominal. Os bicos de jato cônico vazio apresentaram gotas de menor tamanho em relação aos de jato plano e, por isso, proporcionaram maior densidades de gotas depositadas sobre a superfície-alvo. O potencial de deriva dos bicos foi alto.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, agrotóxicos, pulverizadores

INTRODUÇÃO

As lavouras estão sujeitas à ação de pragas, doenças e plantas daninhas, cujo controle envolve operações de alto significado socioeconômico, por reduzir as perdas, melhorar a qualidade dos produtos e garantir o retorno do investimento realizado pelo produtor. No controle desses agentes de perda, um dos métodos utilizados é a aplicação de produtos químicos, que, em curto prazo, apresenta

bons resultados, desde que adequadamente realizada. Esses produtos químicos são designados comumente de agrotóxicos, agroquímicos ou defensivos agrícolas.

À medida que as áreas cultivadas foram-se tornando cada vez maiores e os métodos culturais foram-se desenvolvendo, a quantidade de agrotóxicos utilizada no controle de pragas e doenças das plantas cultivadas foi aumentando. A falta de treinamento de operadores e usuários desses produtos e o desconhecimento da ação deles sobre o organismo humano e sobre o ambiente têm resultado no aumento dos riscos desnecessários para o controle daquelas pragas e moléstias, bem como na agressão ao ambiente, na forma de poluição (BALASTREIRE, 1990).

Atualmente, o controle de pragas, doenças e plantas daninhas nas áreas de cultivo constitui preocupação constante do agricultor. Esse processo só pode ser feito de maneira correta e rentável com emprego de tecnologia adequada. Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário e pouca atenção à técnica de aplicação. A consequência é a perda em eficácia, quando não o fracasso total do tratamento, com superdosagens ou subdosagens, que levam à perda em rentabilidade dos cultivos e a danos ao ambiente e à própria saúde das pessoas que realizam a aplicação.

Os agrotóxicos, embora desempenhem papel de fundamental importância dentro do sistema de produção agrícola vigente, têm sido alvo de crescente preocupação por parte dos diversos segmentos da sociedade, em virtude de seu potencial de risco ambiental (BARCELLOS et al., 1998). Cada vez mais se exige do produtor rural a utilização correta e criteriosa desses insumos. Entretanto, o que se vê no campo é a falta de informação a respeito da tecnologia de aplicação. As aplicações podem, muitas vezes, produzir o efeito desejado, porém de forma ineficiente, porque não se utilizou da melhor técnica ou do melhor equipamento, que determinaria o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo na obtenção dos mesmos resultados. Na prática, a dose de defensivo empregada é muito superior à requerida (FERNANDES, 1997).

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 nos bicos de pulverização. Estes podem ser considerados como os componentes mais importantes dos pulverizadores hidráulicos por determinarem as características do jato emitido. Segundo SIDAHMED (1998), os bicos têm como funções: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em pequena área e controlar a saída do líquido por unidade de área. Atualmente, existe no mercado uma diversidade de bicos hidráulicos de pulverização para desintegração do líquido em gotas, com diferentes características técnicas operacionais.

Genericamente, denomina-se bico ao conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico, através do qual a calda é emitida para fora da máquina. O bico consiste de várias partes, sendo a ponta de pulverização a mais importante (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Tradicionalmente, para aplicações de fungicidas e inseticidas, recomenda-se a utilização de bicos de jato cônico vazio. Esses bicos têm como característica maior deposição de líquido na porção mais externa do cone. Possuem um perfil de distribuição com menos líquido no centro, aumentando depois um pouco, para voltar a cair bruscamente nos extremos, dificultando sua utilização em barra de pulverização. Geralmente, são recomendados para aplicações em culturas com grande massa foliar, em que a penetração das gotas no dossel e a cobertura do alvo são essenciais (SRIVASTAVA et al., 1993; MÁRQUEZ, 1997 e WILKINSON et al., 1999). Normalmente, esses bicos trabalham submetidos a uma pressão de 200 a 1.000 kPa e produzem ângulo de abertura de 60° a 80° e gotas pequenas, o que pode favorecer a deriva (CHRISTOFOLETTI, 1991). As gotas de pequeno diâmetro proporcionam maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo. Por outro lado, aumenta-se o risco de contaminação ambiental por causa da deriva. Por isso, tem-se tentado buscar alternativas que minimizem tais problemas (CROSS et al., 2001).

Os bicos de jato plano, bastante utilizados na aplicação de herbicidas, apresentam um padrão de deposição triangular, o que facilita sua utilização em

barras de pulverização. Além disso, por trabalharem em pressões menores, geralmente entre 100 e 400 kPa, geram gotas relativamente maiores. Portanto, constituem possível alternativa para reduzir os inconvenientes das aplicações de fungicidas e inseticidas com bicos de jato cônico vazio. No entanto, eles geralmente proporcionam pior cobertura do alvo e menor penetração do jato pulverizado no dossel da planta.

A correta aplicação de agrotóxicos somente é possível quando se dispõe de bicos de pulverização que proporcionem distribuição transversal e longitudinal uniforme e espectro de gotas homogêneo e de tamanho adequado.

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 do bico utilizado, da sobreposição dos jatos e da posição da barra porta-bicos em relação ao plano de tratamento (BARTHELEMY, 1990). Segundo LANGENAKENS (1999), um coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial abaixo de 10% indica uniformidade satisfatória. Em condições de laboratório, e quando se empregam bicos novos, esse valor deve ser inferior a 7%.

Aplicação eficiente requer cobertura adequada da superfície-alvo com gotas de tamanho apropriado. No caso de serem produzidas gotas muito grandes, não ocorre boa cobertura da superfície, tampouco boa uniformidade de distribuição. As gotas muito grandes, devido ao peso, normalmente não se aderem à superfície da folha e terminam no solo. No caso de gotas muito pequenas, geralmente se consegue boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar (TEIXEIRA, 1997). Segundo WOMAC et al. (1999), os fatores que influenciam o espectro de gotas produzidas por determinado bico são: vazão nominal, ângulo de pulverização, pressão do líquido, propriedades da calda e tipo de bico.

Assim, durante as aplicações de agrotóxicos, deve-se cuidar para que não sejam produzidas gotas muito grandes, nem muito pequenas. LEFEBVRE (1989) e MÁRQUEZ (1997) afirmaram que gotas menores que 100 μm são arrastadas com facilidade pelo vento e gotas maiores que 800 μm tendem a escorrer da superfície das folhas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio submetidos a diferentes pressões do líquido e alturas da barra porta-bicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e no Laboratório de Controle Ambiental do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos. Foram avaliados quatro bicos de pulverização hidráulicos (Tabela 1), dois de jato plano e dois de jato cônico vazio, fabricados em alumina revestida por poliacetal: API 110-02, API 110-04, ATR Brown e ATR Red (todos fabricados pela Albuz, Ceramiques Techniques Desmarquest, Evreux, France). Os bicos de jato plano API (alumina plástico ISO) são de uso geral e, de acordo com o fabricante, proporcionam aplicações uniformes quando os jatos de pulverização se sobrepõem. São recomendados para trabalhar em pressões entre 200 e 400 kPa, com altura mínima da barra de 40 cm em relação ao alvo. Os bicos de jato cônico vazio ATR (alumina turbulência) são indicados, de acordo com o fabricante, para aplicações de fungicidas e inseticidas com pressão superior a 300 kPa em barras de pulverização.

Tabela 1 - Especificação dos bicos avaliados

Bico	Tipo de Jato	Ângulo de Pulverização*	Vazão Nominal*
API 110-02	Plano	110° (300 kPa)**	0,80 L min ⁻¹ (300 kPa)
API 110-04	Plano	110° (300 kPa)	1,60 L min ⁻¹ (300 kPa)
ATR Brown	Cônico	80° (500 kPa)	0,48 L min ⁻¹ (500 kPa)
ATR Red	Cônico	80° (500 kPa)	1,38 L min ⁻¹ (500 kPa)

* Indicado pelo fabricante

** O número entre parênteses indica a pressão de operação

Os bicos foram avaliados levando-se em conta a distribuição volumétrica e o espectro de gotas produzidas. Foram empregadas as pressões de 200, 300 e 400 kPa para os bicos de jato plano, e 400, 500 e 600 kPa para os de jato cônico vazio. Foram feitas as seguintes avaliações: vazão, ângulo de pulverização, perfil de distribuição individual, coeficiente de variação da distribuição volumétrica superficial conjunta dos bicos, $D_{v0,1}$ (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), $D_{v0,5}$ (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), $D_{v0,9}$ (diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), SPAN (amplitude relativa), percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100, 150 e 200 μm , densidade de gotas e cobertura.

A amplitude relativa (SPAN) foi determinada utilizando-se a seguinte equação:

$$SPAN = \frac{D_{v0,9} - D_{v0,1}}{D_{v0,5}} \quad (1)$$

Os ensaios de distribuição volumétrica, que tiveram por objetivo determinar o perfil de distribuição de cada bico e o coeficiente de variação da distribuição conjunta dos bicos, foram feitos com os bicos individuais ou com cinco bicos espaçados 50 cm. Estes foram montados 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 tem as seguintes dimensões: 2,0 m de comprimento

por 1,0 m de largura, com canaletas em forma de “V” com 0,05 m de profundidade e largura (Figura 1). Os bicos foram acionados por um pulverizador estacionário, com vazão máxima de 20 L min^{-1} . Este pulverizador é composto por uma bomba de pistão acionada por um motor elétrico de 220 V e 2,2 kW de potência.



Figura 1 - Bancada de ensaios de uniformidade de distribuição volumétrica.

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 dos bicos. Posteriormente, os volumes de cada proveta foram transformados em percentagem do volume total pulverizado, buscando-se eliminar o fator tempo dos dados analisados. Trabalhou-se com altura da barra de 40, 50 e 60 cm em relação à bancada. O perfil de distribuição de cada bico testado individualmente foi determinado por meio de gráficos plotados com dados de posição e volume acumulado. A homogeneidade de distribuição transversal do líquido pulverizado pelo conjunto de cinco bicos montados na barra 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).

A determinação do ângulo de abertura do jato foi feita por meio de imagens frontais dos bicos de pulverização obtidas com câmera digital (Sony Mavica FD 75, com zoom óptico de 10 vezes), e analisadas no programa computacional “Image Tool” versão 3.0. O ângulo de abertura foi medido a partir das projeções delimitadas tangencialmente às bordas do jato. Para o estudo da simetria do jato, mediu-se o ângulo em duas partes em relação ao plano vertical: esquerdo e direito (Figura 2).

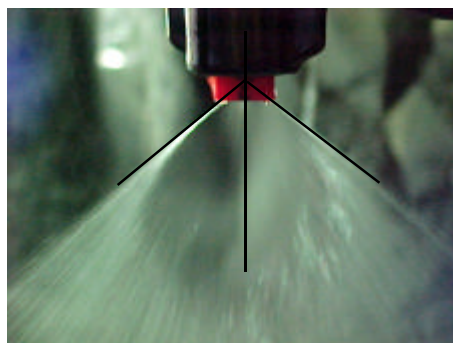


Figura 2 - Modelo de imagem utilizada para determinação do ângulo de abertura dos bicos.

O espectro da população de gotas foi determinado de forma direta, utilizando-se um analisador de gotas em tempo real. Esse analisador baseia-se na medição da luz (feixe de raio laser) dispersa 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 difusão 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 difusão que o raio de luz sofre.

Empregou-se o equipamento Spraytec (Malvern Spraytec Real Time Droplet Sizing System, Malvern Instruments, Malvern, England), com diâmetro do feixe do laser de 10 mm, lente focal de 200 mm, comprimento de onda do laser de 670 nm e ponte óptica de base longa (Figura 3). Inicialmente, verificou-se o alinhamento do feixe óptico para garantir o seu correto posicionamento no sistema detector; monitorou-se o sistema de fundo (segundo plano), medida da luz desviada no sistema óptico e da contaminação das janelas por partículas; e

procedeu-se à calibração do aparelho, utilizando-se o retículo padrão RS-3 (retículo aprovado pelo ASTM – American Society for Testing and Materials - para calibração de instrumentos de análise de partículas baseados na técnica da difusão do laser). De acordo com o fabricante, o instrumento apresenta 3% de acurácia e 1% precisão, quando se utiliza o retículo padrão. Para a análise dos dados, fez-se uso do programa computacional RTSizer™ (Insittec, Malvern, England).



Figura 3 - Analisador de gotas em tempo real a laser.

Durante a determinação do espectro de gotas, utilizou-se um equipamento de pulverização costal, a pressão constante (CO_2), montado de tal forma que todo o jato pulverizado passasse transversalmente através do feixe luminoso do analisador. Isso permitiu a obtenção direta do espectro de gotas para cada condição desejada. O bico de pulverização ficou posicionado 30 cm acima do feixe óptico (ASAE, 2000).

Para a determinação da densidade de gotas e da cobertura, também se utilizou um equipamento de pulverização costal, a pressão constante (CO_2). As análises foram realizadas a partir das impressões das gotas em etiquetas plásticas, com dimensões de 3 por 6 cm. Foram colocadas cinco etiquetas dispostas ao longo da faixa de aplicação e transversalmente à direção de avance. Para melhor visualização das gotas e maior contraste entre elas e as etiquetas, utilizou-se um corante preto dissolvido na água de pulverização. As etiquetas foram dispostas ao longo da faixa de aplicação. Trabalhou-se com altura do bico em relação às etiquetas amostradoras de 50 cm. Após a passagem do pulverizador, a uma

velocidade de 6 km h^{-1} , as etiquetas foram imediatamente fotografadas em equipamento digital, com resolução de $22 \text{ } \mu\text{m pixel}^{-1}$, para posterior análise. Esta foi realizada com o programa computacional “Image Tool” versão 3.0. Para o estudo de densidade, determinou-se o número de gotas por centímetro quadrado de área-alvo, e para o de cobertura, a percentagem da área superficial coberta.

Todos os ensaios foram realizados em ambiente protegido. 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. Para a calibração, os manômetros foram acoplados a um sistema composto por bomba hidráulica (PH-80, Enerpac), adaptador para manômetro, mangueira hidráulica e cilindro hidráulico de pistão vazado (RCH-120, Enerpac). Esse sistema foi montado sobre uma estrutura de reação que tinha acoplado, a um engate rotulado, uma haste metálica para a colocação de massas em incrementos de aproximadamente 10 kg. Foram realizados três carregamentos até aproximadamente 205 kg, com o intuito de verificar a repetitividade das leituras.

Para a análise estatística dos dados de espectro de gotas, vazão e ângulo de abertura total em função da pressão de serviço para cada bico, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Para cada bico, a análise da uniformidade de distribuição volumétrica foi feita utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×3 (três pressões e três alturas da barra), com cinco repetições. Utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias dos tratamentos. O estudo de simetria do jorro foi feito comparando-se o ângulo de abertura do jato de pulverização esquerdo com o direito, utilizando-se seis repetições. Adotou-se o teste F, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o programa estatístico Saeg 8.0.

De posse dos dados de espectro de gotas, realizou-se um estudo teórico da distância horizontal percorrida por uma gota de tamanho conhecido, para avaliar o potencial de deriva das aplicações. Utilizando-se equações clássicas da Mecânica dos Fluidos, determinou-se a distância que as gotas podem ser arrastadas quando liberadas de determinada altura, em função da faixa de tamanho obtida para os bicos avaliados.

A distância percorrida por uma gota de diâmetro d_G , durante sua trajetória no ar, pode ser estimada a partir da sua velocidade de queda ou terminal, v_t , e da velocidade horizontal, v_h , a ela imprimida pelos ventos e/ou bico de pulverização (MATTHEWS, 1982).

Considerando tempos de aceleração pequenos, admiti-se que a gota desloca-se com velocidade constante tanto na vertical quanto na horizontal. Nesse caso, as duas velocidades são dadas por:

$$v_t = \frac{Y}{t} \quad (2)$$

$$v_h = \frac{X}{t} \quad (3)$$

em que,

v_t - velocidade terminal, m s^{-1} ;

v_h - velocidade horizontal, m s^{-1} ;

Y - distância percorrida na vertical, m;

X - distância percorrida na horizontal, m; e

t - tempo em que a gota permanece suspensa no ar, s.

A distância percorrida pela gota pode, então, ser expressa por:

$$X = Y \frac{v_h}{v_t} \quad (4)$$

Torna-se, portanto, necessário estimar-se a distância percorrida na vertical, a velocidade horizontal e a velocidade terminal para obter a distância percorrida na horizontal. A distância percorrida na vertical e a velocidade horizontal dependem das condições locais de pulverização, da posição do bico e dos ventos.

A velocidade terminal (v_t) pode ser estimada a partir de um balanço de forças na gota:

Peso – Empuxo = Força de Arraste

$$(r_G - r_f)g \frac{\pi d_G^3}{6} = \frac{C_D r_f v_t^2}{2} \frac{\pi d_G^2}{4} \quad (5)$$

em que,

r_G - densidade da gota, kg m^{-3} ;
 r_f - densidades do ar, kg m^{-3} ;
 d_G - diâmetro da gota, m;
 g - aceleração da gravidade, m s^{-2} ; e
 C_D - coeficiente de arraste.

O coeficiente de arraste depende do regime de escoamento que pode ser expresso em termos do número de Reynolds da gota (Re_G), dado por (BIRD et al, 1960):

$$Re_G = \frac{r_f d_G v_t}{m} \quad (6)$$

em que,

Re_G - número de Reynolds; e
 m - viscosidade absoluta do ar, $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$.

Equações clássicas para estimar o coeficiente de arraste (C_D) podem ser encontradas em livros de Mecânica dos Fluidos ou Fenômenos de Transporte. Nesse caso, adotou-se a expressão sugerida por BIRD et al. (1960):

$$C_D = \frac{18,5}{Re_G^{3/5}} \quad (7)$$

Substituindo-se a Equação (7) na Equação (5), obtém-se para a velocidade terminal a seguinte expressão:

$$v_t = \left[\frac{0,072^5 (r_G - r_f)^5 g^5 d_G^8}{r_f^2 m^3} \right]^{1/7} \quad (8)$$

Nota-se que a velocidade terminal, nesse caso, é proporcional a $d_G^{8/7}$, ou seja, uma dependência próxima da linear. Assim, utilizando-se as Equações (4) e (8) e assumindo os valores presentes na Tabela 2, calculou-se a distância teórica percorrida por uma gota na faixa de diâmetro entre 40 e 400 μm . Essa distância permite avaliar o risco potencial de deriva das aplicações de agrotóxicos pulverizados hidraulicamente.

Tabela 2 - Valores admitidos para os cálculos da distância teórica percorrida por gotas de água de diâmetro conhecido, a 20°C

Parâmetro	Valor
Densidade da gota, r_G	$1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
Densidade do ar, r_f	$1,2 \text{ kg m}^{-3}$
Viscosidade do ar, m	$1,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Gravidade, g	$9,8 \text{ m s}^{-2}$
Altura de queda, Y	$0,8 \text{ m}$
Velocidade horizontal, v_h	$3,0 \text{ m s}^{-1}$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vazão e o ângulo de abertura do jato de pulverização dos bicos – de jato plano, operando na faixa de pressão de 200 a 400 kPa, e de jato cônico vazio, na faixa de pressão de 400 a 600 kPa – são apresentados na Tabela 3. Houve aumento da vazão e do ângulo de abertura total do jato com o incremento da pressão. Esse aumento do ângulo de abertura interfere na faixa de deposição do bico e, por conseguinte, na sobreposição e na uniformidade de distribuição da pulverização. Quanto maior esse aumento, mais difícil é a obtenção de uniformidade de aplicação numa ampla faixa de pressão. Os bicos de uso ampliado devem manter o ângulo de abertura do jato o mais constante possível. Comparando-se os bicos de jato plano com os de jato cônico vazio, percebe-se uma variação menor do ângulo de abertura do jato cônico em função da pressão.

Tabela 3 - Médias de vazão e de ângulo de abertura do jato, considerando o lado esquerdo e direito em relação ao plano vertical, de bicos de pulverização, em diferentes pressões

Bico	Pressão (kPa)	Vazão* (L min ⁻¹)	Ângulo de Abertura do Jato (°)		
			Esquerdo**	Direito	Total*
Jato Plano API 110-02	200	0,63c	46,06A	47,40A	93,46b
	300	0,80b	50,76A	52,00A	102,76a
	400	0,91a	54,84A	53,01A	107,85a
Jato Plano API 110-04	200	1,24c	50,90B	53,43A	104,33c
	300	1,53b	53,65B	57,70A	111,35b
	400	1,77a	55,61B	60,46A	116,07a
Jato Cônico ATR Brown	400	0,43c	38,69A	40,87A	79,56b
	500	0,49b	41,22A	39,98A	81,20b
	600	0,53a	41,65A	42,95A	84,60a
Jato Cônico ATR Red	400	1,32c	43,47A	42,65A	86,12b
	500	1,49b	43,56A	44,54A	88,10b
	600	1,61a	45,02A	47,26A	92,28a

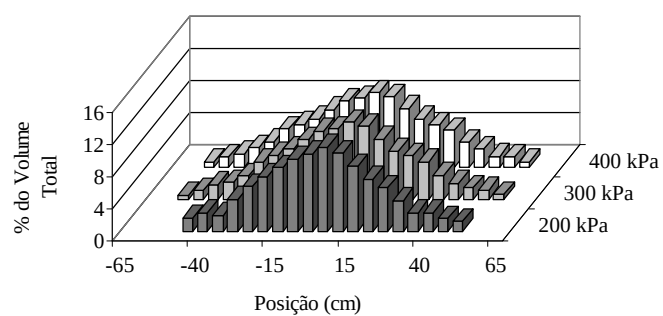
* Médias de vazão e de ângulo de abertura total seguidas da mesma letra minúscula, para cada bico nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** Médias do ângulo de abertura do lado esquerdo e direito, em cada pressão, seguidas da mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

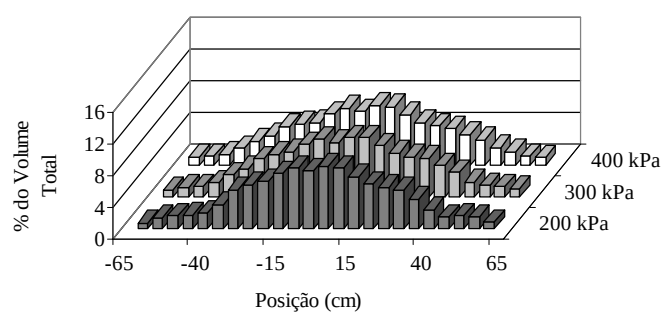
Analisando-se o ângulo de abertura do jato, dos lados esquerdo e direito em relação ao plano vertical, é possível avaliar a simetria da pulverização. Essa característica é de grande importância, pois tem influência na uniformidade de distribuição. Com exceção do bico API 110-04, houve simetria dos jatos de todos os bicos em todas as pressões. Não houve diferença significativa entre as médias dos ângulos direito e esquerdo. A assimetria pode ocasionar a baixa uniformidade de aplicação, acarretando sub ou superdoses ao longo da faixa tratada.

Vêm-se, nas Figuras 4, 5, 6 e 7, os perfis de distribuição volumétrica de cada bico trabalhando isoladamente em diferentes pressões e alturas da barra. Os bicos de pulverização proporcionaram um perfil característico que dependeu da vazão nominal, do ângulo de abertura, da altura da barra porta-bicos e da qualidade de fabricação. Esse perfil deve ser considerado para se fazer as recomendações de utilização dos bicos, de maneira a obter cobertura uniforme.

A. Jato plano API 110-02 – 40 cm de altura



B. Jato plano API 110-02 – 50 cm de altura



C. Jato plano API 110-02 – 60 cm de altura

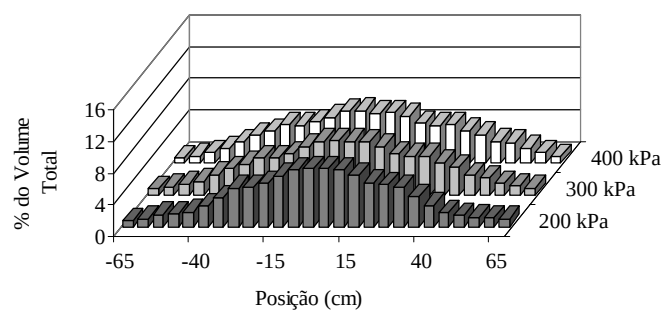
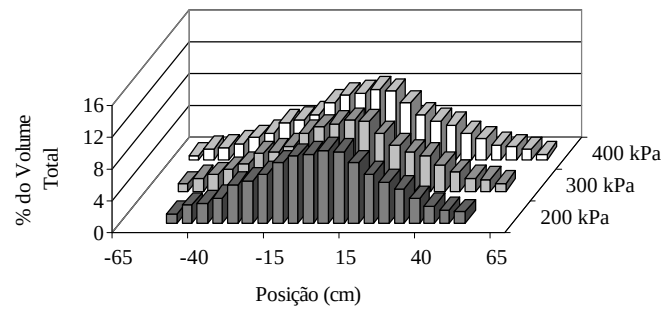
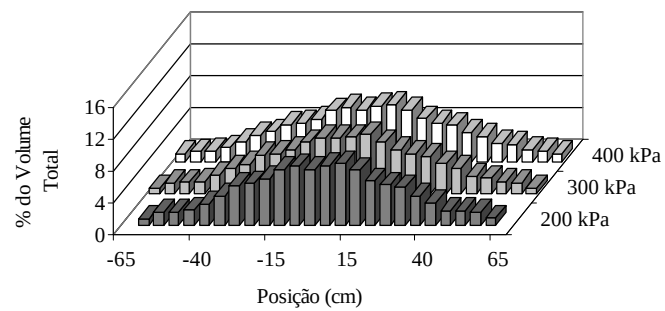


Figura 4 - Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) do bico hidráulico de jato plano API 110-02, trabalhando isoladamente, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

A. Jato plano API 110-04 – 40 cm de altura



B. Jato plano API 110-04 – 50 cm de altura



C. Jato plano API 110-04 – 60 cm de altura

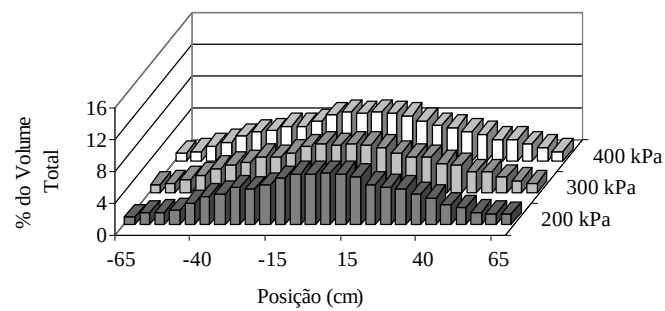
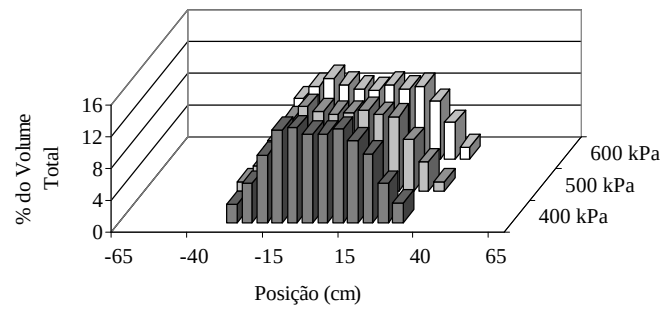
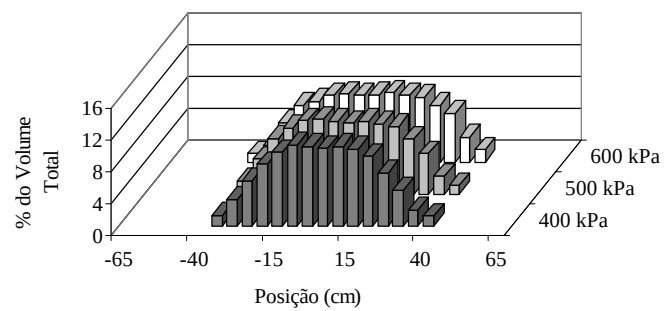


Figura 5 - Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) do bico hidráulico de jato plano API 110-04, trabalhando isoladamente, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

A. Jato cônico ATR Brown – 40 cm de altura



B. Jato cônico ATR Brown – 50 cm de altura



C. Jato cônico ATR Brown – 60 cm de altura

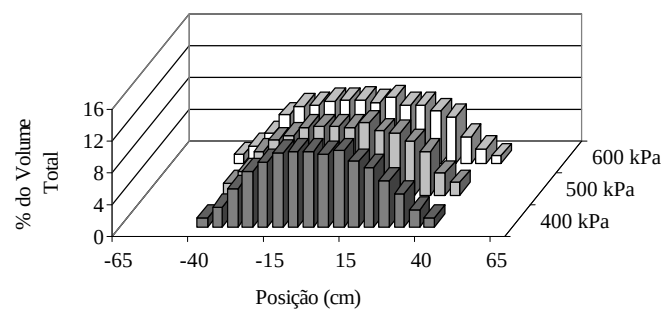
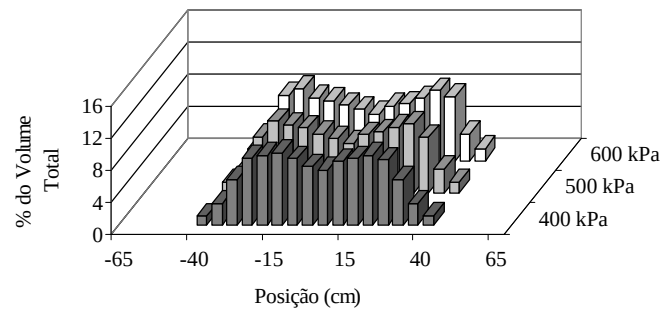
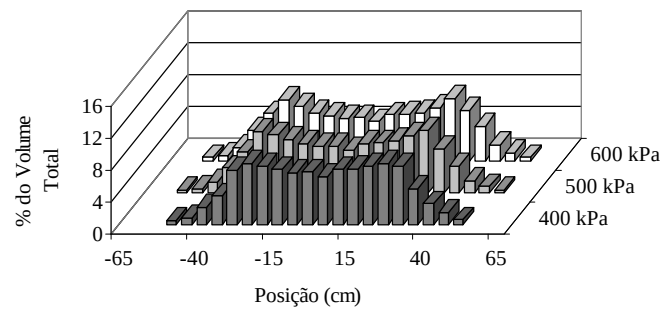


Figura 6 - Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) do bico hidráulico de jato cônico vazio ATR Brown, trabalhando isoladamente, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

A. Jato cônico ATR Red – 40 cm de altura



B. Jato cônico ATR Red – 50 cm de altura



C. Jato cônico ATR Red – 60 cm de altura

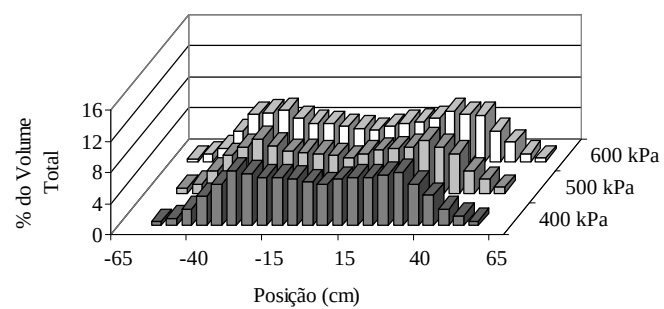


Figura 7 - Perfis de distribuição volumétrica (volume versus posição) do bico hidráulico de jato cônico vazio ATR Red, trabalhando isoladamente, em diferentes pressões e alturas em relação ao alvo.

Os bicos de jato plano, em geral, apresentaram perfis de distribuição triangular, simétrico e sem grandes depressões na zona central, o que permite, mediante uma 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 bico de maior vazão nominal (API 110-04) apresentou tendência de menor concentração de líquido na parte central.

O bico de jato cônico vazio ATR Red apresentou perfis irregulares, com depressão na zona central e dois picos nas extremidades, o que impede boa uniformidade de distribuição em tratamento em área total. Esse resultado está de acordo com os dados apresentados por MÁRQUEZ (1997) e TEIXEIRA (1997). Além disso, a depressão na zona central reduz a uniformidade de distribuição, mesmo não ocorrendo sobreposição entre bicos adjacentes na barra porta-bicos, devido ao fato de ocasionar picos e depressões ao longo da faixa pulverizada. O aumento da pressão acentuou a depressão central e agravou o problema de distribuição. O incremento da altura de trabalho, por sua vez, aumentou a faixa de deposição, diminuiu a depressão central e gerou perfil um pouco mais uniforme.

O bico ATR Brown apresentou perfis diferentes dos perfis dos bicos de jato cônico vazio. De acordo com a literatura, esperava-se um perfil semelhante ao do ATR Red. Seu perfil, no entanto, assemelhou-se mais com o dos bicos de jato plano: formato próximo a triangular. O incremento da pressão e da altura aumentou a faixa de deposição e a uniformidade do jato. Possivelmente, a baixa vazão nominal do bico não permitiu a geração do turbilhonamento necessário à completa formação do jato cônico. Portanto, não houve formação de picos nas extremidades, que ocasionam a má distribuição do jato.

Na Tabela 4, tem-se o efeito da altura da barra porta-bicos e da pressão do líquido sobre o coeficiente de variação médio da distribuição volumétrica conjunta dos bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio.

Tabela 4 - Efeitos da altura da barra porta-bicos e da pressão do líquido sobre o coeficiente de variação médio da distribuição volumétrica de bicos de pulverização

Bico	Pressão (kPa)	Coeficiente de Variação (%)*		
		Altura (cm)		
		40	50	60
Jato Plano API 110-02	200	10,35Aa	9,95Aa	7,06B
	300	9,00Ab	8,93Ab	5,89B
	400	9,25Aab	8,08Ac	5,89B
Jato Plano API 110-04	200	11,91Aa	8,56B	7,35Ca
	300	9,62Ac	8,07B	5,08Cb
	400	10,68Ab	7,97B	5,27Cb
Jato Cônico ATR Brown	400	18,66Aa	12,52Ba	12,50Ba
	500	12,81Ab	8,07Bb	6,65Bb
	600	12,07Ab	7,21Bb	6,55Bb
Jato Cônico ATR Red	400	27,09Ac	25,96Ab	22,93Bb
	500	29,59Ab	30,30Aa	23,11Bab
	600	37,45Aa	31,45Ba	25,58Ca

* Para cada bico, médias seguidas da mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve significância no teste F.

Os bicos de jato plano apresentaram uniformidade de distribuição satisfatória em praticamente todas as condições avaliadas. As melhores condições de trabalho ocorreram quando os bicos operaram em pressões e alturas da barra porta-bicos mais elevadas. O bico de jato cônico vazio ATR Brown apresentou faixa de uso mais limitada. Seu uso deve ser evitado em pressão de 400 kPa e em altura da barra de 40 cm. O bico ATR Red proporcionou baixa uniformidade de distribuição em todas as condições avaliadas, com coeficiente de variação acima de 15%.

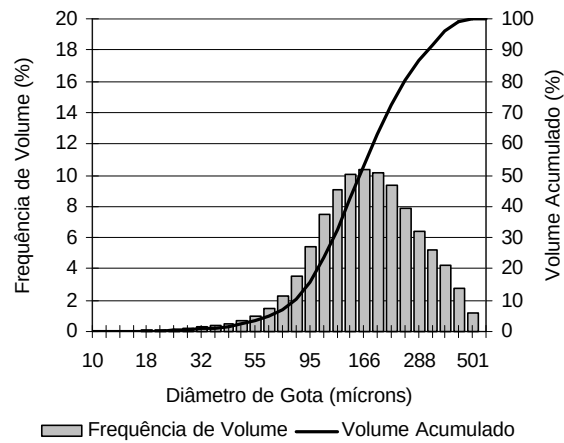
Esses resultados se devem principalmente ao perfil de distribuição individual dos bicos. Enquanto os bicos API 110-02, API 110-04 e ATR Brown apresentaram perfil triangular e simétrico, o bico ATR Red apresentou perfil irregular, com maior concentração nas extremidades. Por isso, seu uso é pouco indicado em barras de pulverização com sobreposição de jatos.

Em geral, as melhores condições de trabalho ocorreram quando os bicos operaram em maiores alturas do alvo e maiores pressões de trabalho, com exceção do bico ATR Red. Resultados semelhantes foram encontrados por

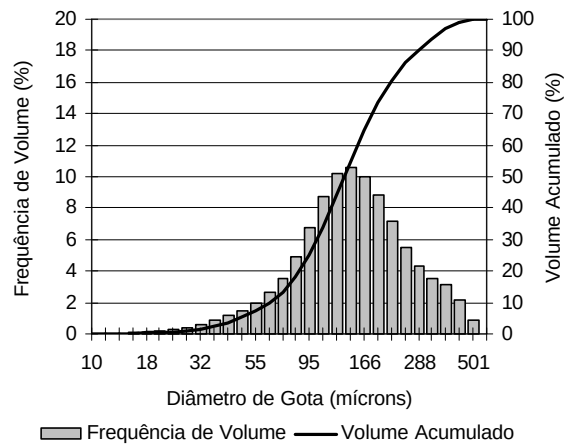
FAQIRI e KRISHNAN (2001). SMITH et al. (2000) avaliaram diferentes bicos de pulverização numa faixa de pressão de 200 a 276 kPa. Eles também encontraram maior uniformidade de distribuição em maiores alturas da barra, mas não verificaram relação entre uniformidade e pressão.

A distribuição das gotas por classe de tamanho para a pulverização com bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes pressões, encontra-se apresentada nas Figuras 8, 9, 10 e 11. A inclinação da curva de volume acumulado indica a existência de gotas de diferentes tamanhos. Uma pulverização que fosse formada por gotas do mesmo tamanho seria representada no gráfico por uma linha vertical. Quanto mais inclinada a curva, menor será a variação do tamanho das gotas geradas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A. Jato plano API 110-02 – 200 kPa



B. Jato plano API 110-02 – 300 kPa



C. Jato plano API 110-02 – 400 kPa

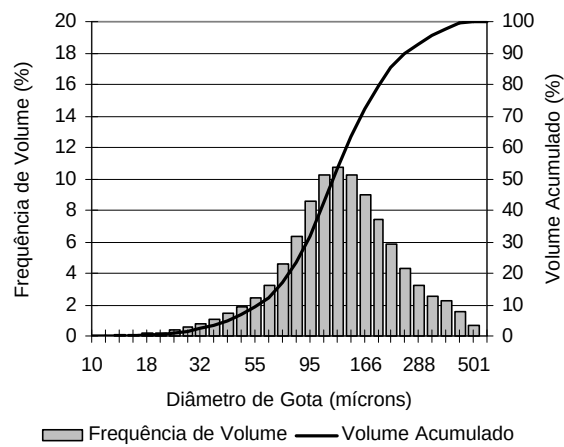
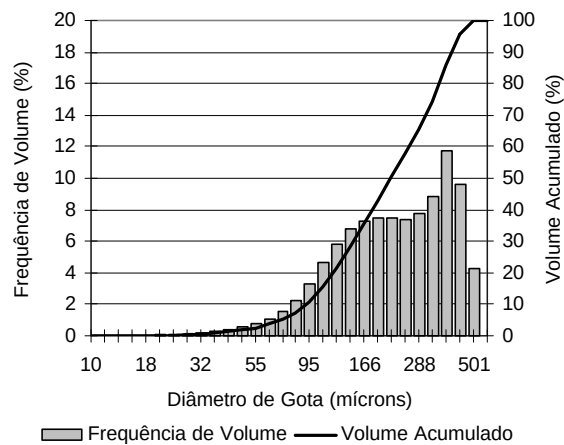
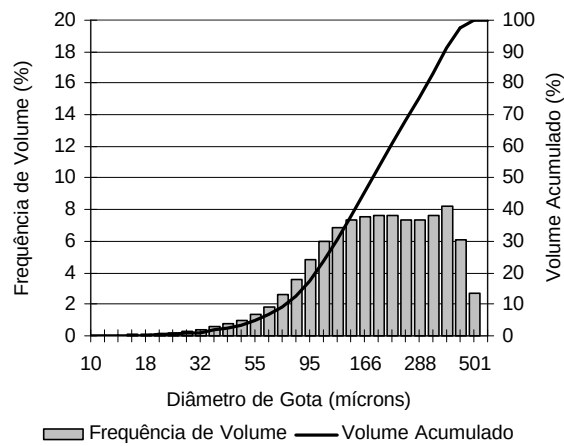


Figura 8 - Espectro de gotas pulverizadas com o bico hidráulico de jato plano API 110-02 em diferentes pressões de trabalho.

A. Jato plano API 110-04 – 200 kPa



B. Jato plano API 110-04 – 300 kPa



C. Jato plano API 110-04 – 400 kPa

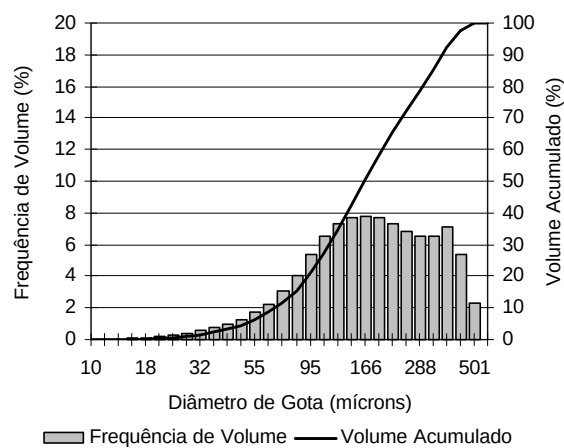
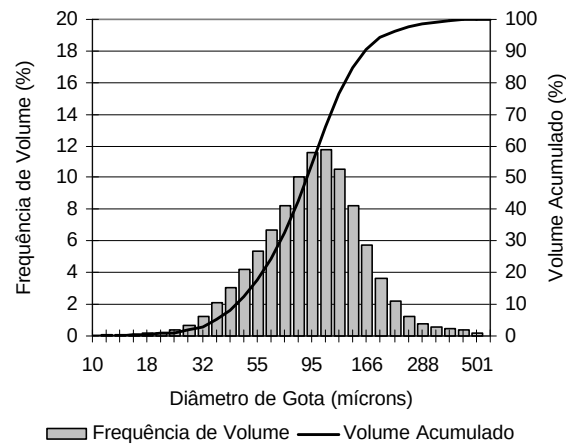
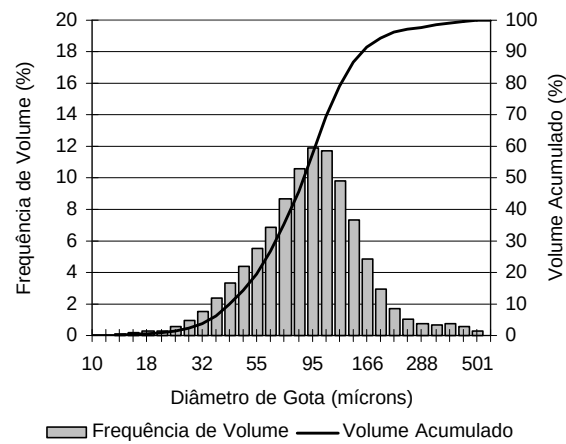


Figura 9 - Espectro de gotas pulverizadas com o bico hidráulico de jato plano API 110-04 em diferentes pressões de trabalho.

A. Jato cônico ATR Brown – 400 kPa



B. Jato cônico ATR Brown – 500 kPa



C. Jato cônico ATR Brown – 600 kPa

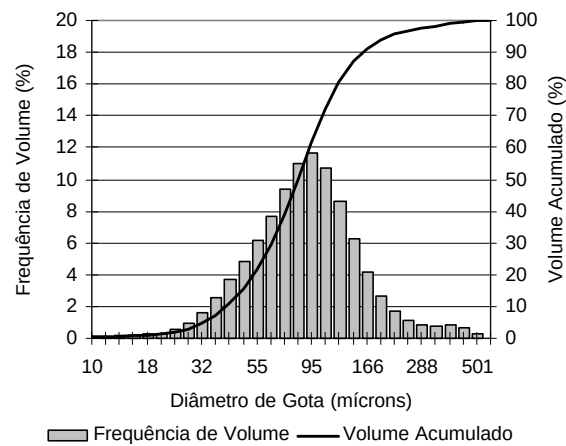
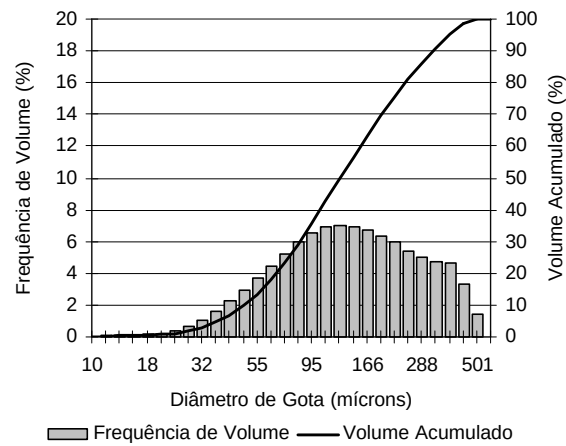
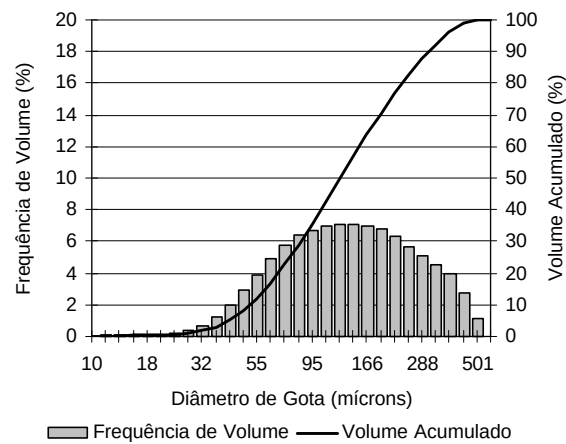


Figura 10 - Espectro de gotas pulverizadas com o bico hidráulico de jato cônico vazio ATR Brown em diferentes pressões de trabalho.

A. Jato cônico ATR Red – 400 kPa



B. Jato cônico ATR Red – 500 kPa



C. Jato cônico ATR Red – 600 kPa

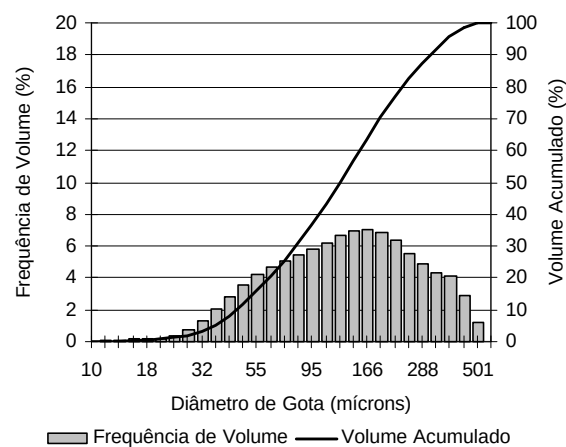


Figura 11 - Espectro de gotas pulverizadas com o bico hidráulico de jato cônico vazio ATR Red em diferentes pressões de trabalho.

Encontram-se, na Tabela 5, os diâmetros médios dos volumes acumulados de 10%, 50% e 90% e a amplitude relativa. Os diâmetros da mediana volumétrica (DMV ou $D_{v0,5}$) variaram de 83 a 129 μm , para os bicos de jato cônico vazio, e de 124 a 214 μm , para os bicos de jato plano. Em geral, médias de DMV inferiores a 250 μm indicam risco potencial de deriva, que acontece principalmente em virtude das gotas menores que 100 μm . No entanto, médias de DMV superiores a 500 μm sugerem problemas de escorrimento que, comumente, ocorrem com gotas maiores que 800 μm .

Tabela 5 - Distribuição volumétrica por classe de tamanho e amplitude relativa de gotas pulverizadas com bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes pressões*

Bico	Pressão (kPa)	$D_{v0,1}$ ** (mm)	$D_{v0,5}$ (mm)	$D_{v0,9}$ (mm)	SPAN
Jato Plano API 110-02	200	81a	164a	330a	1,52
	300	64b	134b	280ab	1,61
	400	57c	124b	256b	1,60
Jato Plano API 110-04	200	91a	214a	400a	1,45c
	300	75b	180b	378b	1,68b
	400	67b	163c	365c	1,84a
Jato Cônico ATR Brown	400	43	90a	167	1,37
	500	41	86b	160	1,38
	600	40	83b	160	1,44
Jato Cônico ATR Red	400	47	129	315	2,08
	500	47	126	312	2,10
	600	44	121	312	2,22

* $D_{v0,1}$ - diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, $D_{v0,5}$ - diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor (DMV), $D_{v0,9}$ - diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, SPAN - amplitude relativa.

** Para cada bico, médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve significância no teste F.

Os bicos apresentaram espectros de gotas diferenciados. Nos bicos de jato plano, o diâmetro das gotas diminuiu com o incremento da pressão e aumentou com o crescimento da vazão nominal. Com exceção do diâmetro da mediana volumétrica do bico ATR Brown, nos bicos de jato cônico vazio, o aumento da pressão não influenciou o diâmetro das gotas, mas este teve aumento com o

crescimento da vazão nominal. O aumento do orifício de saída nos bicos proporciona uma quebra menor do líquido, o que gera gotas de tamanho maior.

Pequenas variações no tamanho das gotas provenientes de bicos de jato cônico vazio com a variação da pressão do líquido também foram constatadas por PALLADINI (1990) e RAETANO (1996). Esses bicos apresentam faixa operacional de pressão maior. Portanto, para obter variações do tamanho das gotas deve-se aumentar muito a pressão, o que nem sempre é desejável em virtude do desgaste do equipamento.

Para aumentar a qualidade da pulverização, deve-se ter melhor desempenho dos bicos, especialmente no que diz respeito à homogeneidade do espectro de gotas. Quanto maior o valor da amplitude relativa (SPAN), maior será a faixa de tamanho das gotas pulverizadas. Espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa tendendo a zero. Os valores de DMV e amplitude relativa devem ser analisados conjuntamente para a caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor. A amplitude relativa indica a homogeneidade do tamanho das gotas.

Na Tabela 6 é mostrada a percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100, 150 e 200 μm . A interpretação desses dados permite que se estime o potencial de deriva da aplicação. Quanto menor essa percentagem, menor o risco de deriva do agrotóxico durante uma aplicação. Não existe valor-padrão indicativo de risco de deriva ou de aplicação segura. Em geral, valores inferiores a 15% do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm parecem ser mais adequados a uma aplicação segura.

Os bicos de jato cônico vazio foram relativamente mais sujeitos à deriva que os bicos de jato plano, independentemente da pressão. Portanto, seu uso deve ser feito com critério, evitando-se situações climáticas adversas. Mesmo com a redução da pressão de operação, existe risco de perda de agrotóxico para o ambiente. Já os bicos de jato plano têm menor risco potencial de deriva, principalmente em baixas pressões. De qualquer forma, é preciso levar em conta as condições ambientais, pois em pressões acima de 300 kPa, mais de 15% do

volume pulverizado está sujeito ao arrastamento provocado pelo vento. O aumento da vazão nominal dos bicos reduziu o risco potencial de deriva.

Tabela 6 - Percentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100, 150 e 200 μm com bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes pressões

Bico	Pressão	% Volume de Gotas Menores que 100 mm*	% Volume de Gotas Menores que 150 mm	% Volume de Gotas Menores que 200 mm
Jato Plano API 110-02	200	15,71c	40,97b	60,97b
	300	25,57b	55,70a	74,33a
	400	30,72a	61,68a	79,04a
Jato Plano API 110-04	200	11,32c	28,67c	44,64c
	300	17,35b	38,07b	53,11b
	400	21,37a	43,46a	58,51a
Jato Cônico ATR Brown	400	54,93b	85,05	93,81
	500	59,07a	86,64	94,42
	600	61,20a	86,83	94,10
Jato Cônico ATR Red	400	35,27	55,80	69,68
	500	36,66	57,01	70,74
	600	38,70	58,72	71,95

* Para cada bico, médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve significância no teste F.

A densidade de gotas e a cobertura proporcionada pela pulverização com os bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes pressões, são mostradas na Tabela 7. Nos bicos de jato plano, o aumento da pressão provocou uma diminuição do tamanho das gotas e, conseqüentemente, aumento da densidade de gotas e da cobertura do alvo. Nos bicos de jato cônico não houve influência da pressão.

Os bicos de jato cônico vazio tenderam a apresentar maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo, quando comparados aos bicos de jato plano, em virtude do menor tamanho de gotas originadas. Se por um lado tem-se maior risco potencial de deriva, por outro tem-se maior cobertura do alvo, condição desejada, principalmente, quando da aplicação de agrotóxicos de contato.

Tabela 7 - Densidade de gotas e cobertura do alvo proporcionadas por bicos de pulverização, em diferentes pressões, utilizando-se velocidade de deslocamento de 6 km h⁻¹

Bico	Pressão	Densidade de Gotas* (gotas cm ⁻²)	Cobertura (%)
Jato Plano API 110-02	200	114b	3,45b
	300	136a	3,88ab
	400	148a	4,89a
Jato Plano API 110-04	200	135b	7,74b
	300	149ab	8,04b
	400	159a	9,17a
Jato Cônico ATR Brown	400	215	5,39
	500	224	6,22
	600	232	5,99
Jato Cônico ATR Red	400	272	8,15
	500	278	8,89
	600	285	8,58

* Para cada bico, médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve significância no teste F.

Na Figura 12 são apresentadas as velocidades terminais e as distâncias horizontais teóricas percorridas por gotas com diâmetro entre 40 e 400 µm. Essas características estimam a deriva em função do tamanho das gotas e indicam a necessidade de adequar o tamanho de gotas às condições de aplicação. Confirmam-se, assim, as afirmações anteriores a respeito do risco ambiental de se pulverizar com gotas de tamanho reduzido. Obviamente, esses resultados foram influenciados por algumas simplificações, que podem ser modificadas. Isso inclui: propriedades físicas (densidade e viscosidade) das gotas e do ar e condições locais de vento e aplicação. Pelos resultados e equações apresentadas, infere-se que com o aumento do tamanho de gotas e a diminuição da altura do bico de pulverização em relação ao alvo é possível reduzir o risco de deriva. Além disso, deve-se levar em consideração as condições de vento durante as aplicações.

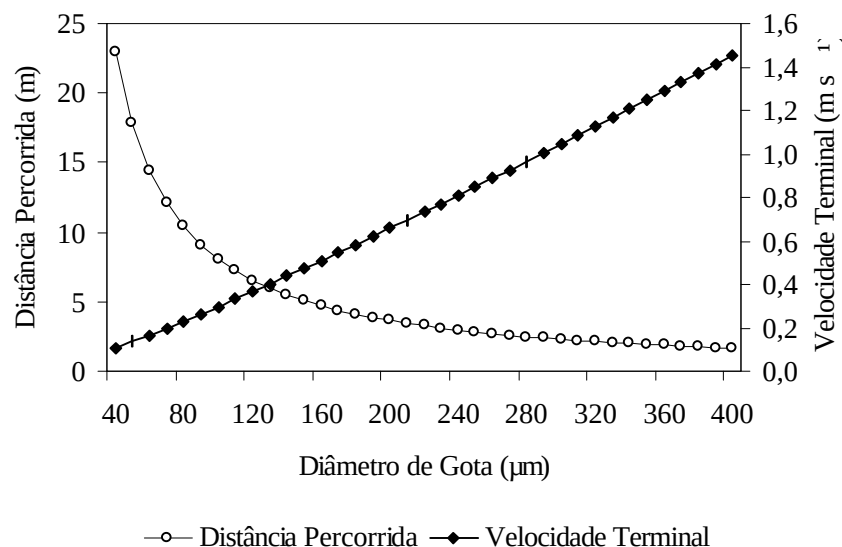


Figura 12 - Velocidade de queda e distância horizontal teórica percorrida pelas gotas em função de seu tamanho.

CONCLUSÕES

- A uniformidade de distribuição volumétrica superficial dos bicos avaliados foi influenciada pela vazão nominal, pela pressão do líquido e pela altura da barra porta-bicos.
- Os bicos de jato plano apresentaram boa uniformidade de distribuição, enquanto os bicos de jato cônico vazio apresentaram distribuição volumétrica bastante variável, principalmente em função da vazão nominal.
- Os bicos de jato cônico vazio apresentaram gotas de menor tamanho em relação aos de jato plano e, por isso, proporcionaram maior densidades de gotas depositadas sobre a superfície-alvo.
- O potencial de deriva dos bicos foi alto, principalmente com relação aos de jato cônico vazio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE - American Society of Agricultural Engineering. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St. Joseph: ASAE, 2000. p.389-391. (ASAE Standard S572 AUG99).

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307p.

BARCELLOS, L.C.; CARVALHO, Y.C.; SILVA, A.L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [Glycine max. (L.) Merrill]. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.

BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulverisation**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160 p.

BIRD, R.B.; STEWART, W.E.; LIGHTFOOT, E.N. **Transport phenomena**. New York: Wiley, 1960. 780p.

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

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

CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY, R.A.; RICHARDSON, G.M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v.20, 2001, p.333-343.

DEBOUCHE, C.; HUYGHEBAERT, B.; MOSTADE, O. Simulated and measured coefficients of variation for the spray distribution under a static spray boom. **J. Agric. Engng. Res.**, London, v. 76, p. 381-388, 2000.

FAQIRI, N.I.; KRISHNAN, P. **Effect of nozzle pressure and wind condition on spray pattern displacement of RF5 and 110-5R nozzles**. St. Joseph: ASAE, 2001. 13p. (ASAE Paper n.01-1123).

FERNANDES, H.C. Aplicação de defensivos agrícolas: teoria da gota. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, Caderno Didático 24, 1997. 14p.

ISO – International Organization for Standardization. **Equipment for crop protection - Spraying equipment – Part 2: test methods for agricultural sprayers**. Geneva: ISO, 1986. 5p. (ISO 5682/2).

LANGENAKENS, J. **Spraying nozzles: usability limits**. St. Joseph: ASAE, 1999. 9p. (ASAE Paper n.99-1027).

LEFEBVRE, A.H. **Atomization and sprays**. International Series: Combustion. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989. 421p.

MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** CD-Rom. Palestra.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. London: Longman, 1982. 336p.

PALLADINI, L.A. **Efeito de condições operacionais de um turboatomizador na cobertura de folhas de citros**. 1990. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BRAZ, B.A.; PIO, L.C. Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ 15006 em mesa de prova. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.33, n.2, p.175-182, 1998.

RAETANO, C.G. **Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros**. 1996. 93f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SCHICK, R.J. **An engineer's practical guide drop size**. Wheaton: Spraying Systems, 1997. 28 p.

SIDAHMED, M.M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.41, n.3, p. 531-536, 1998.

SMITH, D.B.; OAKLEY, D.; WILLIAMS, E.; KIRKPATRICK, A. Broadcast spray deposits from fan nozzles. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.16, n.2, p.109-113, 2000.

SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E. ROHRBACH, R.P. Chemical Application. In: **Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph: ASAE, 1993. p.265-324.

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 Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

WILKINSON, R.; BALSARI, P.; OBERTI, R. Pest control equipment. In: STOUT, B.A. (Ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. Vol. 3. St. Joseph: ASAE, 1999. p.269-310.

WOMAC, A.R.; MAYNARD, R.A.; KIRK, I.W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.3, p.609-616, 1999.

DEPOSIÇÃO E DERIVA DE CALDA FUNGICIDA APLICADA EM FEIJOEIRO EM FUNÇÃO DE BICO DE PULVERIZAÇÃO E DE VOLUME DE CALDA

RESUMO

A tecnologia de aplicação de agrotóxicos visa à colocação uniforme do produto no alvo, com mínima perda por escorrimento e deriva. Este trabalho teve como objetivo avaliar a deposição e a deriva de calda fungicida pulverizada em feijoeiro com diferentes bicos e volumes de aplicação. Empregou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (2 x 2): dois tipos de bico de pulverização (jato plano standard e jato cônico vazio) e dois volumes de aplicação (125 e 250 L ha⁻¹). O estudo de deposição foi realizado analisando-se a distribuição de um traçador nas posições superior e inferior do dossel, pela técnica da espectrofotometria. A deriva foi avaliada utilizando-se de alvos artificiais, posicionados fora da área-alvo. O fungicida, juntamente com o traçador, foi aplicado três vezes, com um pulverizador de pressão constante (CO₂). Os bicos propiciaram cobertura semelhante da folhagem do feijoeiro, tanto na posição superior quanto na inferior do dossel. O volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ proporcionou maior retenção de calda na folhagem e maior uniformidade de cobertura das plantas que o volume de 125 L ha⁻¹. As gotas formadas nas aplicações com bicos de jato cônico vazio estão mais sujeitas à deriva que as produzidas com bicos de jato plano, especialmente quando se emprega baixo volume de aplicação. As aplicações realizadas, em geral, proporcionaram baixa uniformidade de deposição ao longo do dossel do feijoeiro e risco potencial de deriva elevado.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, agrotóxicos, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

O feijão é um dos produtos agrícolas brasileiros de maior importância social e econômica. A produção nacional está em torno de 2,9 milhões de toneladas, com área colhida de 4,3 milhões de hectares e produtividade média de 684 kg ha⁻¹ (FNP, 2002).

Apesar de as práticas culturais estarem se modernizando nos últimos anos, a produtividade atual ainda está muito aquém do potencial da cultura, que é superior a 4.500 kg ha⁻¹. Uma das causas dessa baixa produtividade é a ocorrência de doenças. Estima-se em 10% as perdas anuais na produtividade do feijoeiro, ocasionadas por fitopatógenos (HALL, 1994).

Uma alternativa para contornar esse problema é a aplicação de fungicidas. Estes diminuem a severidade das doenças e podem aumentar a produtividade da cultura (DUDIENAS et al., 1990). A forma tradicional de aplicação desses produtos é com os pulverizadores dotados de bicos de pulverização hidráulicos. Estes bicos são os componentes mais importantes dos pulverizadores e apresentam como funções básicas: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em pequena área e controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998).

Para a aplicação de fungicidas nos feijoeiros, os bicos mais utilizados são os de jato cônico vazio. Entretanto, em virtude de o seu espectro de gotas propiciar a deriva, tem-se tentado utilizar também os de jato plano. Estes, no entanto, podem comprometer a cobertura das plantas, em virtude de as gotas serem de maior tamanho. Conseqüentemente, pode haver menor controle de doenças. De forma geral, gotas pequenas são facilmente transportadas pelo vento, porém propiciam maior cobertura do alvo, condição desejada, principalmente, quando da utilização de defensivos de contato. Segundo SUMNER e SUMNER (1999), a deriva é um dos maiores problemas da aplicação de agrotóxicos, a qual pode causar ineficiência da aplicação e contaminação ambiental.

Outra variável importante na aplicação de fungicidas é o volume de aplicação. Prática comum era aplicar volumes superiores a 300 L ha⁻¹. Atualmente,

entretanto, existe uma tendência a reduzir o volume de calda, visando diminuir os custos de aplicação e aumentar a eficiência da pulverização (SILVA, 1999). O uso de menor volume de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores.

A redução do volume de calda requer, no entanto, um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo. Segundo SALYANI (1999), a redução do orifício de saída dos bicos, para obter menor volume de aplicação, aumenta o risco de deriva, em virtude da diminuição do tamanho das gotas geradas. O problema se agrava quando se leva em conta que bicos de jato cônico vazio, por trabalharem em pressões mais elevadas do que os bicos de jato plano, tendem a produzir gotas com menor diâmetro. Por isso, há maior possibilidade de contaminação ambiental com a utilização dos bicos de jato cônico vazio (SRIVASTAVA et al., 1994). Uma maneira de reduzir a deriva consiste em aumentar o diâmetro das gotas e diminuir a proporção de gotas menores que 100 μm , o que é possível com o uso de bicos de jato plano (JENSEN et al., 2001). Em geral, gotas menores são biologicamente mais eficazes, porém pouco seguras sob o ponto de vista ambiental. Assim, há necessidade de estudos que viabilizem e otimizem a redução do volume de aplicação nas pulverizações de fungicidas, para permitir a utilização de bicos e volumes de calda adequados (SILVA, 1999).

Os resultados das aplicações em lavouras podem ser altamente variáveis. O grau de sucesso geralmente é determinado pela intensidade e uniformidade da cobertura. A eficácia do tratamento depende não somente da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo (MCNICHOL et al., 1997). Para a avaliação em campo dos tratamentos fitossanitários, adotam-se critérios baseados na análise de distribuição do produto sobre a cultura. Os métodos usuais são baseados em análise visual, mensuração óptica e análises químicas (SALYANI e WHITNEY, 1988). Técnicas como fluorimetria (CUNNINGHAM e HARDEN, 1999), espectrofotometria (DERKSEN e SANDERSON, 1996) e cromatografia (CUNHA, 2000) podem ser encontradas na literatura. A análise visual é um método rápido e fácil, mas de pouca precisão. Os métodos que envolvem análises

químicas e analisadores de imagens são mais precisos. HEWITT (2000) apresenta uma revisão das metodologias para a quantificação de deposição e deriva nas aplicações em campo. Entre os métodos modernos de análise, a espectrofotometria ocupa lugar de destaque, devido à facilidade em determinar quantidades diminutas de substâncias (VOGEL, 1992).

Estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade de deposição dos agrotóxicos ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (COATES e PALUMBO, 1997; GUPTA e DUC, 1996 e PERGHER et al., 1997). De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas. No caso de fungicidas, essa desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle das doenças, principalmente no caso de fungicidas de contato, que requerem cobertura uniforme de toda a planta. Esse problema se acentua nas aplicações em que se utilizam bicos de jato plano que, em geral, produzem menor número de gotas por área e menor turbulência.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a deposição e a deriva de calda fungicida pulverizada no feijoeiro com bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes volumes de pulverização.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa, no Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola e, em campo, durante a estação de inverno de 2002, em área experimental do Departamento de Fitotecnia, município de Coimbra, MG, à altitude de 716 m, longitude de 42° 48' S e latitude de 20° 51' W. Também foram realizadas análises de espectro de gotas no Laboratório de Controle Ambiental da Universidade Federal de São Carlos.

Inicialmente, foi realizada em laboratório, como complemento às avaliações de deposição e deriva, a análise do espectro de gotas produzidas pelos mesmos bicos e pressões empregados no campo. Para isso, fez-se uso de um analisador a

laser de gotas em tempo real (Spraytec, Malvern Instruments). Determinou-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e a porcentagem de volume composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm , de acordo com a metodologia apresentada pela ASAE (2000).

Em campo, utilizou-se o cultivar de feijão do tipo carioca Pérola, semeado no espaçamento entre fileiras de 0,50 m, com cerca de 15 sementes m^{-1} . Esse cultivar foi lançado em 1996 e é um dos mais semeados no País. Apesar do porte semi-prostrado (tipo III), produz ramas na parte superior da planta, que se entrelaçam, evitando o tombamento excessivo.

O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (2 x 2). Foram avaliados, considerando a deposição e a deriva, dois tipos de bico de pulverização (jato plano e jato cônico vazio) e dois volumes de aplicação (125 e 250 L ha^{-1}) durante a aplicação de fungicida no feijoeiro.

Utilizaram-se bicos de pulverização hidráulicos fabricados em alumina revestida por poliacetal: API 110-02, API 110-04, ATR Brown e ATR Red (todos fabricados pela Albuz, Ceramiques Techniques Desmarquest, Evreux, France). Os bicos de jato plano API (alumina plástico ISSO) são de uso geral e, de acordo com o fabricante, proporcionam aplicações uniformes quando os jatos de pulverização se sobrepõem. São recomendados para trabalhar em pressões entre 200 e 400 kPa, com altura mínima da barra porta-bicos de 40 cm em relação ao alvo. Os bicos de jato cônico vazio ATR (alumina turbulência) são indicados para aplicações de fungicidas e inseticidas com pressão superior a 300 kPa em barras de pulverização.

A velocidade de deslocamento do aplicador foi de 4 km h^{-1} , quando se utilizou o bico ATR Brown, e de 6 km h^{-1} para os demais. A pressão do líquido durante a operação foi de 200 kPa para os bicos de jato plano, e de 400 kPa para os bicos de jato cônico, para atingir os dois volumes de aplicação selecionados: 125 e 250 L ha^{-1} .

Utilizou-se o fungicida de contato chlorothalonil na formulação pó-molhável, na dose recomendada pelo fabricante (1,5 kg ha^{-1} do ingrediente ativo). Ele foi

aplicado três vezes: aos 20, 30 e 40 dias após a emergência. Para a aplicação, utilizou-se um pulverizador costal de pressão constante (CO_2), dotado de uma barra porta-bicos de dois metros. A altura da barra em relação à cultura e o espaçamento entre bicos foram de 0,5 m.

O estudo de deposição da calda pulverizada foi realizado analisando-se a distribuição de fungicida sobre o feijão, por meio da quantificação de um traçador, adicionado à calda, nas folhas, em duas posições na planta, conforme metodologia apresentada por PALLADINI (2000). A deposição do traçador, utilizando-se baixo volume de calda (125 L ha^{-1}), foi comparada com a deposição utilizando-se volume de calda tradicional (250 L ha^{-1}). Da mesma forma, a deposição, empregando-se bicos de jato plano, foi comparada com a deposição utilizando-se bicos de jato cônico vazio.

Para a avaliação dos depósitos, foi utilizado um traçador composto do corante alimentício azul brilhante (Corante Azul FCF, Duas Rodas Industrial), catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1. O corante foi utilizado na concentração de 1.500 mg L^{-1} , para volumes de aplicação de 125 L ha^{-1} , e de 750 mg L^{-1} , para volumes de aplicação de 250 L ha^{-1} . Ele foi detectado por absorvância em espectrofotometria, que consiste na determinação da concentração de uma substância pela medida da absorção relativa da luz. Utilizou-se um espectrofotômetro Coleman 33-D (fotômetro fotelétrico de filtro) com lâmpada de tungstênio-halogênio.

Após a aplicação, foram marcadas dez plantas, escolhidas ao acaso em cada parcela. Em cada planta foram coletados dois folíolos centrais: um na parte superior e um na parte inferior da planta. Os folíolos foram, então, colocados em recipientes plásticos, adicionando-se 100 mL de água destilada. Esses recipientes foram fechados, agitados por 30 s e conservados ao abrigo da luz. Posteriormente, foi feita a quantificação da coloração por absorvância em 630 nm (faixa de detecção do corante azul utilizado). Os folíolos tiveram sua área medida por meio de digitalização e análise no programa computacional “Image Tool” versão 3.0.

Com o uso da curva de calibração, obtida por meio de soluções-padrão, os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L^{-1}) e, de posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se o volume retido no alvo. Procedeu-se, então, a divisão do depósito total pela área foliar de remoção, obtendo-se, assim, a quantidade em $\mu\text{L cm}^{-2}$ de folha.

A avaliação da deriva foi feita durante as aplicações do traçador no feijoeiro. Utilizaram-se alvos artificiais, etiquetas de papel sensível à água, do mesmo modo que foi feito por WOLF e FROHBURG (2002) e SUMNER e SUMNER (1999). As etiquetas foram colocadas a um metro de altura fora da área-alvo de aplicação, a 5, 10 e 15 m de distância da bordadura, no sentido de deslocamento do vento. Após a aplicação, procedeu-se à contagem dos pontos de impacto em cada etiqueta (26 x 76 mm), que foram indicativos da intensidade de deriva de cada tratamento.

Durante as aplicações, foram monitoradas a velocidade do vento e a umidade relativa e a temperatura do ar. As aplicações foram feitas às seis horas da manhã, buscando-se condições climáticas mais propícias.

A parcela experimental foi de 10 m^2 (5 x 2 m), ou seja, quatro fileiras de 5 m de comprimento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são mostradas as médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e as da percentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a $100 \mu\text{m}$, correspondentes aos tratamentos realizados em campo para a avaliação de deriva e deposição. O menor volume de aplicação e, especialmente, os bicos de jato cônico vazio propiciaram gotas de menor tamanho e, conseqüentemente, com maior risco potencial de serem arrastadas pelo vento.

Tabela 1 - Médias de diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e de percentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 µm em função de bicos e volumes de aplicação (ensaio em laboratório*)

Bico	DMV (µm)		% Volume de Gotas Menores que 100 µm	
	Volume de Aplicação (L ha ⁻¹)		Volume de Aplicação (L ha ⁻¹)	
	125	250	125	250
Jato Plano	164	214	15,71	11,32
Jato Cônico	90	129	54,93	35,27

* A pressão de operação foi de 200 kPa para os bicos de jato plano e de 400 kPa para os bicos de jato cônico.

As condições climáticas ocorridas em campo durante as três aplicações do fungicida são apresentadas na Tabela 2. Notam-se condições diferenciadas em cada aplicação. No entanto, tais condições, de forma geral, foram adequadas às aplicações: temperatura inferior a 28°C, umidade relativa superior a 75% e velocidade do vento entre 1 e 3 m s⁻¹.

Tabela 2 - Velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar, durante as três aplicações de fungicida no feijoeiro

Aplicação	Velocidade do Vento (m s ⁻¹)	Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)
1 ^a	2,0 – 3,0	85,0 – 95,0	25,0 – 28,0
2 ^a	1,5 – 2,5	75,0 – 90,0	18,0 – 26,0
3 ^a	0,7 – 1,3	75,0 – 95,0	12,0 – 22,0

Na Figura 1 é apresentada a curva de calibração utilizada no estudo de deposição para determinar a concentração do traçador retido nas folhas do feijoeiro. A relação entre absorvância e concentração foi linear até aproximadamente 15 mg L⁻¹. Esse resultado é semelhante aos de PALLADINI (2000).

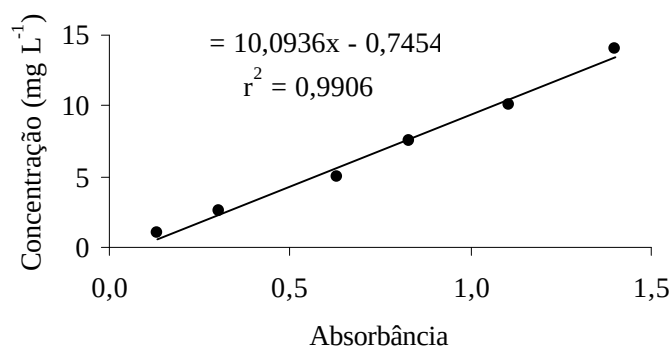


Figura 1 - Calibração empregada na determinação da concentração do traçador retido nas folhas do feijoeiro.

Na Tabela 3 são apresentadas as médias dos volumes de calda retidos na folhagem do feijoeiro nas partes superior e inferior do dossel, após a pulverização com bicos de jato plano e de jato cônico vazio em dois volumes de pulverização, para as três aplicações distintas.

A interação entre bicos e volumes de aplicação não foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste F, indicando a independência entre os dois fatores. Nas três aplicações não houve diferença significativa entre as médias do volume de calda retido na folhagem, com os bicos de jato plano e de jato cônico vazio, independentemente da posição no dossel, mostrando não haver diferenças entre os dois bicos quanto à deposição.

Esperava-se que bicos que produzissem gotas de menor tamanho, como os de jato cônico vazio, propiciassem maior cobertura do alvo. Entretanto, na prática, isso não ocorreu. CROSS et al. (2001) estudaram a influência da variação do tamanho de gotas (DMV variando de 156 a 237 μm) na deposição de agrotóxicos em alvos naturais. Eles também encontraram cobertura do alvo semelhante quando do uso de gotas nessa faixa de diâmetro. Isso ocorreu devido às perdas das gotas pequenas provocadas por deriva e evaporação. Da mesma forma, BARCELLOS et al. (1998), estudando a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja, não encontraram superioridade de deposição dos bicos de jato cônico vazio em relação aos bicos de jato plano.

MATTHEWS (1982) afirmou que os bicos de jato cônico vazio são mais eficientes em aplicações sobre folhagens, com relação à cobertura. Isso

possivelmente possa ser comprovado quando for considerada a deposição nas partes superior e inferior das folhas de forma separada.

Tabela 3 - Volume de calda retido na folhagem do feijoeiro ($\mu\text{L cm}^{-2}$ de folha) nas partes superior e inferior do dossel, após as aplicações de fungicida com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio em dois volumes de aplicação*

			Posição Inferior			Posição Superior		
			Volume de Aplicação		Média de Bicos	Volume de Aplicação		Média de Bicos
			125 L ha ⁻¹	250 L ha ⁻¹		125 L ha ⁻¹	250 L ha ⁻¹	
1ª	Aplicação	Jato Plano	0,306	0,522	0,414	0,416	0,574	0,495
		Jato Cônico	0,394	0,527	0,461	0,528	0,558	0,543
		Média de Volumes	0,350B	0,525A		0,472B	0,566A	
2ª	Aplicação	Jato Plano	0,260	0,486	0,373	0,476	0,587	0,532
		Jato Cônico	0,377	0,541	0,459	0,509	0,610	0,560
		Média de Volumes	0,319B	0,514A		0,493B	0,599A	
3ª	Aplicação	Jato Plano	0,203	0,283	0,243	0,343	0,539	0,441
		Jato Cônico	0,220	0,305	0,263	0,427	0,574	0,501
		Média de Volumes	0,212B	0,294A		0,385B	0,557A	

* Médias seguidas por letras distintas, nas linhas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

O volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ proporcionou maior retenção de calda nas posições superior e inferior do dossel, nas três aplicações, quando comparado ao volume de 125 L ha⁻¹. Esse resultado indica maior distribuição de calda no alvo empregando-se maior volume de aplicação, condição desejada principalmente quando do uso de agrotóxicos de contato. Em geral, é esperado que o incremento do volume de aplicação propicie aumento do volume de calda retido até certo ponto, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer o escorrimento, o que não é desejável. CROSS e BERRIE (1993) avaliaram, em túnel de vento, a influência do volume de aplicação (50, 100 e 200 L ha⁻¹) na deposição da calda pulverizada. Eles também encontraram maior cobertura do alvo empregando-se maiores volumes de aplicação.

A diferença percentual de volume retido entre as posições superior e inferior do dossel em relação ao volume retido na posição superior (Tabela 4) dá indicação da uniformidade de deposição. Esta não foi homogênea, pois houve diferença de retenção ao longo do dossel das plantas. Nas três aplicações, não houve efeito significativo dos bicos. Vários autores, entretanto, citam que os bicos de jato cônico vazio proporcionam cobertura maior e mais homogênea do

alvo (MATTHEWS, 1982 e CHRISTOFOLETTI, 1991). Possivelmente, neste estudo, a pressão do líquido empregada nos bicos de jato cônico não tenha sido suficiente para gerar a turbulência necessária à maior penetração do jato pulverizado no dossel das plantas. Além disso, a deriva das gotas pequenas também deve ter contribuído para o resultado apresentado.

Tabela 4 - Diferença percentual de volume retido entre as posições superior e inferior do dossel do feijoeiro em relação ao volume retido na posição superior, após as aplicações de fungicida com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio em dois volumes de aplicação*

			Volume de Aplicação		Média de Bicos
			125 L ha ⁻¹	250 L ha ⁻¹	
1ª Aplicação	Bico	Jato Plano	26,4	9,1	17,8
		Jato Cônico	25,4	5,6	15,5
	Média de Volumes		25,9A	7,3B	
2ª Aplicação	Bico	Jato Plano	45,4	17,2	31,3
		Jato Cônico	25,9	11,3	18,6
	Média de Volumes		35,7A	14,3B	
3ª Aplicação	Bico	Jato Plano	40,8	47,5	44,2
		Jato Cônico	48,5	46,9	47,7
	Média de Volumes		44,6	47,2	

* Médias seguidas por letras distintas, nas linhas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os volumes de aplicação, na primeira e na segunda aplicação, proporcionaram diferença de volume retido entre posições significativamente diferente. O volume de aplicação de 125 L ha⁻¹ proporcionou maior diferença de volume retido entre posições, o que indica menor uniformidade de deposição de calda na planta.

DERKSEN e SANDERSON (1996) avaliaram a influência do volume de calda na deposição foliar de agrotóxicos. Eles verificaram que com o uso de altos volumes de aplicação houve melhor cobertura e menores variações de deposição ao longo do dossel. Explicaram que altos volumes permitem uma redistribuição de produto, por meio do escoamento da parte superior para a parte inferior, o que causa maior deposição nas partes inferiores e, com isso, maior uniformidade de deposição. No entanto, essas aplicações apresentam maiores riscos de contaminação do solo, em virtude da possibilidade da não-retenção de produto nas folhas.

Na Tabela 5 são apresentados os efeitos de bicos e volumes de aplicação sobre as densidades de gotas depositadas a 5, 10 e 15 m de distância da área-alvo. A interação entre bicos e volumes de aplicação foi significativa.

No caso dos bicos de jato cônico vazio, a maior densidade de gotas depositada fora da área-alvo foi obtida com o menor volume de aplicação. As pontas utilizadas nas aplicações com 125 L ha⁻¹, por apresentarem orifício de saída menor, produziram gotas de menor tamanho, mais sujeitas à deriva. Quanto ao bico de jato plano, não houve diferença significativa entre os volumes de aplicação; houve, entretanto, ligeira tendência de redução da deriva com o aumento do volume aplicado em todas as distâncias da área-alvo. Avaliando diferentes bicos em volumes de aplicação de 47 e 97 L ha⁻¹, WOLF e FROHBURG (2002) também encontraram maior intensidade de deriva com menores volumes de calda.

Tabela 5 - Densidades de gotas (gotas cm⁻²) depositadas em alvos artificiais, obtidas durante as aplicações de fungicida com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio em dois volumes de aplicação, em três distâncias da área-alvo*

		Distância da Área-Alvo					
Aplicação	Bico	5 m		10 m		15 m	
		Volume de Aplicação					
		125 L ha ⁻¹	250 L ha ⁻¹	125 L ha ⁻¹	250 L ha ⁻¹	125 L ha ⁻¹	250 L ha ⁻¹
1 ^a	Jato Plano	17,8Ab	13,3Ab	7,8Ab	6,0Ab	2,5Ab	2,0Aa
	Jato Cônico	43,5Aa	25,5Ba	27,8Aa	14,0Ba	9,3Aa	4,5Ba
2 ^a	Jato Plano	8,5Ab	4,5Bb	5,0Ab	2,8Ab	1,3Ab	0,5Ab
	Jato Cônico	30,3Aa	19,8Ba	21,8Aa	8,5Ba	6,5Aa	2,8Ba
3 ^a	Jato Plano	4,8Ab	5,3Aa	2,0Ab	2,5Ab	0Ab	0Ab
	Jato Cônico	14,0Aa	8,0Ba	9,3Aa	5,3Ba	1,8Aa	1,0Aa

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, em cada distância para cada aplicação, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A pulverização com os bicos de jato cônico vazio propiciou maior deposição de gotas fora da área-alvo, em relação aos bicos de jato plano. Os bicos de jato cônico vazio produzem grande volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm, as quais são mais sujeitas à deriva. Além disso, a turbulência gerada por esses bicos, que ora auxilia a penetração do jato no dossel das plantas, também pode provocar efeito oposto: quando a folhagem densa impede a entrada das gotas, o movimento do ar provoca a suspensão delas, que ficam mais sujeitas aos

fenômenos climáticos. CHRISTOFOLLETTI (1991) também constatou o risco potencial de deriva das aplicações de agrotóxicos com esse tipo de bico.

A intensidade de deriva variou nas três aplicações. Isso provavelmente ocorreu devido às condições climáticas de cada aplicação. Houve maior intensidade de ventos na primeira aplicação, enquanto a menor intensidade deu-se na terceira aplicação (Tabela 1). Dessa forma, era esperado que os valores de densidade de gotas depositadas fora da área-alvo fossem maiores na primeira aplicação e menores na terceira aplicação. Esse fato reflete bem a importância da escolha do momento ideal para se realizar a aplicação de agrotóxicos.

CONCLUSÕES

- Os bicos de jato plano e de jato cônico vazio propiciaram cobertura semelhante da folhagem do feijoeiro, tanto na posição superior quanto na inferior do dossel.
- O volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ proporcionou maior retenção de calda na folhagem e maior uniformidade de cobertura das plantas que o volume de 125 L ha⁻¹.
- As gotas formadas nas aplicações com bicos de jato cônico vazio estão mais sujeitas à deriva que as produzidas com bicos de jato plano, especialmente quando se emprega baixo volume de aplicação.
- As aplicações realizadas proporcionaram, em geral, baixa uniformidade de deposição ao longo do dossel do feijoeiro e risco potencial de deriva elevado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE - American Society of Agricultural Engineering. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St. Joseph: ASAE, 2000. p.389-391. (ASAE Standard S572 AUG99).

BARCELLOS, L.C.; CARVALHO, Y.C.; SILVA, A.L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max.* (L.) Merrill]. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.

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

COATES, W.; PALUMBO, J. Deposition, off-target movement and efficacy of Capture and Thiodam applied to cantaloupes using five sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, Michigan, v. 13, n. 2, p. 181-188, 1997.

CROSS, J.V., BERRIE, A.M. Spray deposits and efficacy of a tunnel sprayer at three volume rates (50, 100, 200 l/ha) in comparison with an axial fan sprayer (50 l/ha) on apple. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION TECHNIQUES, 2, 1993, Strasbourg. **Proceedings...** Strasbourg: BCPC, 1993. p. 273-280.

CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY, R.A.; RICHARDSON, G.M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v.20, p.333-343, 2001.

CUNHA, J.P.A.R. **Fungigação: eficácia e uniformidade de distribuição do epoxiconazol, em três lâminas de água, no controle de doenças do feijoeiro**. 2000. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CUNNINGHAM, G.P.; HARDEN, J. Sprayers to reduce spray volume in mature citrus trees. **Crop. Protection**, London, v.18, p. 275-281, 1999.

DERKSEN, R.C.; SANDERSON, J.P. Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 39, n. 1, p. 5-9, 1996.

DUDIENAS, C.; CASTRO, J.L.; ITO, M.F.; SOAVE, J.; MAEDA, J.A. Efeito de fungicidas na produção, sanidade e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 20-24, 1990.

FNP. Comércio e Consultoria. **Agrianual 2003**. São Paulo, 2002. p. 345-354.

GUPTA, C.P.; DUC, T.X. Deposition studies of a hand-held air-assisted electrostatic sprayer. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 39, n. 5, p. 1633-1639, 1996.

HALL, R. **Compendium of beans diseases**. St. Paul: APS, 1994. p.71.

HEWITT, A.J. **Methodologies for the quantification of spray deposition and drift in field applications**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 2000.10p. (ASAE Paper n.00-1028).

JENSEN, P.K.; JORGENSEN, L.N.; KIRKNE, E. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. **Crop Protection**, London, v. 20, p. 57-64, 2001.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. London: Longman, 1982. 336p.

MCNICHOL, A.Z.; TESKE, M.E.; BARRY, J.W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 40, n. 6, p. 1529-1536, 1997.

PALLADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, London, v. 16, p. 25-33, 1997.

SALYANI, M. **Optimization of sprayer output at different volume rates**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1999. 16p. (ASAE Paper No. 99-1028).

SALYANI, M.; WHITNEY, J.D. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 31, n. 2, p. 390-395, 1988.

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. 531-536, 1998.

SILVA, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G.; PRIA, M.D.; SILVA, O.C. (Eds.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E.; ROHRBACH, R.P. Chemical application. In: **Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1994. p. 265-324.

SUMNER, P.E.; SUMNER, S.A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1999.17p. (ASAE Paper n.99-1156).

VOGEL, A.I. **Análise química quantitativa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992. 712 p.

WOLF, R.E.; FROHBERG, D.D. **Comparison of drift for four drift-reducing flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and evaluated using dropletscan software**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 2002, 7p. (ASAE Paper n.02-1101).

EFICÁCIA DO FUNGICIDA CHLOROTHALONIL NO CONTROLE DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO EM FUNÇÃO DE BICO DE PULVERIZAÇÃO E DE VOLUME DE CALDA

RESUMO

Aplicações ineficientes de fungicida para o controle de doenças do feijoeiro têm sido observadas no campo devido, muitas vezes, à escolha incorreta de bicos e volumes de aplicação. Isso tem acarretado perda de rentabilidade e contaminação ambiental. Este trabalho teve como objetivo verificar a eficácia do fungicida chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro, em função de bicos de pulverização, de doses de fungicida e de volumes de aplicação. Foram realizados dois ensaios: no primeiro, utilizando o cultivar Pérola, os sintomas iniciais da antracnose, da mancha-angular e da ferrugem foram observados já aos 20 dias após a emergência (DAE); e no segundo, utilizando o cultivar Ouro Negro, os sintomas da mancha-angular e da mancha-de-alternária foram observados aos 25 e 45 DAE, respectivamente. Os ensaios foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial $(2 \times 2 \times 2) + 1$: dois tipos de bicos de pulverização (jato plano e jato cônico vazio), duas doses de fungicida (0,75 e 1,5 kg ha⁻¹ i.a.), dois volumes de aplicação (125 e 250 L ha⁻¹) e um tratamento adicional que não recebeu fungicida. Não houve influência do tipo de bico de pulverização e do volume de aplicação no controle da antracnose, da mancha-angular e da mancha-de-alternária e na produtividade do feijoeiro. O chlorothalonil propiciou bom controle das doenças. Isso refletiu na produtividade, que foi, em média, 73% superior à obtida na testemunha, quando se empregou o cultivar Pérola, e 53%, com o cultivar Ouro Negro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., tecnologia de aplicação, agrotóxicos

INTRODUÇÃO

O feijão-comum é atualmente cultivado em regiões tropicais, subtropicais e temperadas de todos os continentes. Ele destaca-se como importante fonte de proteína na dieta humana e como alternativa de custo inferior ao da proteína animal, especialmente importante em países em desenvolvimento (TEIXEIRA e ROCHA, 1988).

O Brasil é o maior produtor dessa leguminosa, com produção anual de cerca de 2,92 milhões de toneladas e área cultivada superior a 4,27 milhões de hectares (FNP, 2002). A produtividade nacional média da cultura está em torno de 684 kg ha⁻¹, considerada baixa, principalmente quando se leva em conta o seu potencial de produtividade, superior a 4.500 kg ha⁻¹. Esse dado evidencia a possibilidade de melhoria da produção.

As doenças que ocorrem no feijoeiro constituem uma das principais causas da sua baixa produtividade no Brasil. Muitas doenças podem causar, dependendo das condições de ambiente, perdas consideráveis em produção ou, então, dependendo do nível de contaminação, inviabilizar determinadas áreas para o plantio (PAULA JÚNIOR e ZAMBOLIM, 1998). Entre as doenças de maior importância, estão aquelas causadas por fungos como *Colletotrichum lindemuthianum* (causador da antracnose), *Phaeoisariopsis griseola* (causador da mancha-angular) e *Uromyces appendiculatus* (causador da ferrugem).

A antracnose pode atingir os cultivares suscetíveis estabelecidos em localidades com temperaturas moderadas a frias e alta umidade relativa. Apresenta ampla distribuição no Brasil e prevalece nos principais estados produtores. As perdas ocasionadas pela doença podem ser da ordem de 100%, quando são empregadas sementes infectadas e as condições ambientais são favoráveis. Além de diminuir a produtividade da cultura, a doença deprecia a qualidade do produto final, por ocasionar deformações e manchas nos grãos (RAVA et al., 1998).

A mancha-angular também se encontra disseminada em todo o Brasil. Apresenta maior severidade nos plantios da época da seca e de outono-inverno

com irrigação. As perdas de produtividade são tão maiores quanto mais precoce for o seu aparecimento. O controle dessa doença por meio de resistência genética é bastante difícil, sendo o controle químico praticamente indispensável na maioria das grandes lavouras (SARTORATO e RAVA, 1998). Quando o patógeno está presente e as condições ambientais são favoráveis, pode haver perdas de até 90% na produção (CANTERI e BERGAMIN FILHO, 1999).

A ferrugem, segundo CARDOSO (1988), também constitui um problema de grande importância no Brasil por causar danos que podem comprometer 68% da produtividade esperada do feijoeiro. Temperaturas moderadas e alta umidade relativa propiciam-lhe condição mais favorável.

Uma alternativa para contornar o problema da ocorrência de doenças é a aplicação de fungicidas, que diminuem a severidade das doenças e podem aumentar a produtividade da cultura (DUDIENAS et al., 1990). A utilização de técnicas de aplicação mais eficientes e a adequação do equipamento aplicador possibilitam diminuir a quantidade total do produto a ser introduzido no ambiente, reduzindo, proporcionalmente, todos os problemas relacionados a essa prática (MATUO, 1985). Nas décadas passadas, pouca atenção era dada à tecnologia de aplicação de agrotóxicos, pois o interesse consistia em molhar bem a cultura, o que se conseguia mediante um volume de calda bastante alto (CARRERO, 1996).

Atualmente, entretanto, existe tendência a reduzir o volume de aplicação, a fim de reduzir os custos de produção e aumentar a eficiência da pulverização (SILVA, 1999). O uso de menor volume de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, além de diminuir os riscos de contaminação ambiental, pois reduz o escoamento e, em alguns casos, a evaporação e a deriva. Com o incremento da capacidade operacional, a máquina passa a pulverizar áreas maiores em período de tempo com boas condições de temperatura, umidade e velocidade do vento (CHRISTOFOLETTI, 1999). Essa redução de volume de aplicação requer, no entanto, um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo.

Os trabalhos pioneiros com essa nova técnica foram desenvolvidos para aplicação de herbicidas. Constatada a eficiência da técnica, estuda-se a possibilidade de utilizá-la também na aplicação de outros agrotóxicos. A dificuldade está associada, principalmente, ao uso de bicos de jato plano, uma vez que, até então, a pesquisa recomendava bicos de jato cônico vazio para aplicação de fungicidas, os quais permitiam melhor penetração do jorro pulverizado no dossel da planta e, conseqüentemente, melhor controle de doenças (MÁRQUEZ, 1997).

Os bicos de jato cônico vazio, por trabalharem em pressões mais elevadas que os bicos de jato plano, tendem a produzir gotas de menor diâmetro, mais susceptíveis à deriva. A redução do orifício de saída, visando à diminuição do volume de aplicação, acentua esse problema, o que pode comprometer a aplicação (McMULLAN, 1995). Para contornar esse problema, uma alternativa seria a utilização de bicos de jato plano que, comparativamente, produzem menor proporção de gotas com diâmetro inferior a 100 μm (JENSEN et al, 2001). As gotas de pequeno diâmetro são biologicamente mais eficazes, porém pouco seguras sob o ponto de vista ambiental.

Outro fator que deve ser verificado nas aplicações com baixo volume é a uniformidade de deposição. A redução do volume de calda é possível somente quando se dispõem de bicos de pulverização que propiciam distribuição transversal uniforme e espectro de gotas uniforme e de tamanho adequado. Uma cobertura homogênea pressupõe uma distribuição uniforme, caracterizada por baixos coeficientes de variação da distribuição volumétrica superficial, tanto no sentido longitudinal, como no transversal. Essa uniformidade transversal depende do bico, da sobreposição dos jatos e da posição da barra porta-bicos em relação ao plano de tratamento (BARTHELEMY, 1990). Em geral, para aplicações em barras de pulverização, os bicos de jato plano apresentam maior uniformidade de distribuição que os de jato cônico vazio.

Este trabalho teve como objetivo verificar a eficácia do fungicida chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro, em função de bicos de pulverização, de doses de fungicida e de volumes de aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi feito em campo, em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, município de Coimbra, MG, à altitude de 716 m, longitude de 42° 48' S e latitude de 20° 51' W. O solo foi caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo.

Foram conduzidos dois ensaios. No primeiro, a semeadura foi feita em agosto de 2002, utilizando-se o cultivar de feijão carioca Pérola. As sementes desse cultivar apresentavam 3,9% de incidência de antracnose. No segundo, a semeadura foi feita em fevereiro de 2003, utilizando-se sementes sadias do cultivar de feijão preto Ouro Negro. Utilizou-se, nos dois ensaios, o espaçamento entre fileiras de plantas de 0,5 m, com cerca de 15 sementes m⁻¹.

O cultivar Pérola foi lançado em 1996 e é um dos mais cultivados no País. Suas principais características são:

- Origem: Embrapa Arroz e Feijão
- Hábito de crescimento: tipo III
- Ciclo de vida: 85-90 dias
- Massa média de 100 sementes: 25 g
- Reação a doenças: resistente ao vírus-do-mosaico-comum (BCMV) e a muitas raças de ferrugem. Em condições de campo, é moderadamente resistente à murcha-de-fusarium e à mancha-angular. Possui resistência à raça alfa-Brasil TUS (TU suscetível) e suscetibilidade às raças alfa-Brasil capa e zeta de *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causador da antracnose.

O cultivar Ouro Negro tem as seguintes características:

- Origem: Honduras
- Hábito de crescimento: tipo III
- Ciclo de vida: 80 dias
- Massa média de 100 sementes: 25 g
- Reação a doenças: resistente à ferrugem e à antracnose e suscetível ao BCMV e ao crestamento-bacteriano-comum.

O preparo do solo foi feito com uma aração e duas gradagens. A adubação foi realizada utilizando-se 700 kg ha⁻¹ do formulado 4-14-8, no plantio, e 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, na forma de sulfato de amônio, aos 18 dias após a emergência (DAE). Aplicaram-se, também, em pulverização, 80 g ha⁻¹ de molibdênio, aos 20 DAE.

Realizou-se o controle de plantas daninhas e de insetos-pragas com agrotóxicos. No primeiro ensaio, aplicaram-se as seguintes doses do ingrediente ativo: herbicida fomesafen, na dose de 100 g ha⁻¹, herbicida fluazifop-p-butil, na dose de 125 g ha⁻¹, inseticida deltamethrine, na dose de 5 g ha⁻¹, e inseticida monocrotophos, na dose de 300 g ha⁻¹. No segundo ensaio, aplicaram-se: herbicida fomesafen, na dose de 200 g ha⁻¹, herbicida fluazifop-p-butil, na dose de 250 g ha⁻¹, inseticida imidacloprid, na dose de 105 g ha⁻¹, e inseticida monocrotophos, na dose de 300 g ha⁻¹. Os feijoeiros foram irrigados com aspersão convencional.

Os ensaios foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (2 x 2 x 2) + 1: dois tipos de bicos de pulverização (jato plano e jato cônico vazio), duas doses de fungicida (dose e sub-dose), dois volumes de calda de fungicida (125 e 250 L ha⁻¹) e um tratamento adicional que não recebeu fungicida.

Foi utilizado o fungicida chlorothalonil na dose recomendada pelo fabricante (1,5 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo) e em sub-dose (0,75 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo). Trata-se de um fungicida de contato, com as seguintes características:

- Grupo químico: derivado de ftalonitrila
- Fórmula molecular: C₈Cl₄N₂
- Formulação: pó-molhável
- Concentração: 750 g kg⁻¹
- Classe toxicológica: II
- Solubilidade em água determinada a 25°C: 0,6 mg L⁻¹
- Pressão de vapor: 7,6 10⁻² mPa (5,71 10⁻⁷ mm Hg)

O produto foi aplicado quatro vezes. No primeiro ensaio, a intervalos de 10 dias, a partir de 20 DAE. No segundo, a intervalos de 12 dias, a partir de 22 DAE. Para a aplicação, utilizou-se um pulverizador costal de pressão constante (CO_2), dotado de uma barra porta-bicos de dois metros. A altura da barra em relação à cultura e o espaçamento entre bicos foram de 0,5 m. Durante as aplicações, monitoraram-se temperatura, umidade relativa e velocidade do vento.

Utilizaram-se bicos de pulverização hidráulicos fabricados em alumina revestida por poliacetal: API 110-02 (jato plano), API 110-04 (jato plano), ATR Brown (jato cônico vazio) e ATR Red (jato cônico vazio). Todos eles são fabricados pela Albuz, Ceramiques Techniques Desmarquest, Evreux, France. De acordo com o fabricante, os bicos de jato plano API (alumina plástico ISO) são de uso geral e proporcionam aplicações uniformes quando os jatos de pulverização se sobrepõem. São recomendados para trabalhar com pressões entre 200 e 400 kPa e com altura mínima da barra de 40 cm em relação ao alvo. Os bicos de jato cônico vazio ATR (alumina turbulência) são indicados para aplicação de fungicidas e inseticidas com pressão superior a 300 kPa em barras de pulverização.

A velocidade de deslocamento do aplicador foi de 4 km h^{-1} , quando se utilizou o bico ATR Brown, e de 6 km h^{-1} para os restantes. A pressão do líquido empregada para atingir os dois volumes de aplicação selecionados (125 e 250 L ha^{-1}) foi de 200 kPa para os bicos de jato plano e de 400 kPa para os bicos de jato cônico.

A avaliação da eficácia do fungicida no controle das doenças da parte aérea do feijoeiro foi feita mediante a comparação da severidade de doenças e dos componentes da produtividade entre parcelas tratadas com fungicida e parcelas não-tratadas (testemunha).

A avaliação da severidade de doenças foi realizada a partir do aparecimento dos primeiros sintomas e, depois, a intervalos de aproximadamente nove dias, totalizando seis avaliações. A primeira avaliação da severidade foi feita aos 30 DAE, no primeiro ensaio, e aos 33 DAE, no segundo. Para tal, utilizaram-se as escalas diagramáticas propostas por GODOY et al. (1997). Na avaliação,

marcaram-se dez plantas, escolhidas ao acaso em cada parcela e, em cada planta, três folhas: uma na parte inferior, outra na parte intermediária e a terceira na parte superior da planta. As médias dessas avaliações constituíram a severidade média da doença.

Com os dados da severidade de doenças procedeu-se à construção da curva de progresso da doença e à determinação da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Esta foi calculada pelo somatório das áreas trapezoidais, sendo mensurada de forma adimensional (CAMPBELL e MADDEN, 1990):

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{y_{i+1} + y_i}{2} \right) * (t_{i+1} - t_i) \right] \quad (1)$$

em que,

AACPD - área abaixo da curva de progresso da doença;

n - número de observações;

y_i - severidade da doença na “i”-ésima observação; e

t_i - tempo da “i”-ésima observação.

Avaliou-se também, por ocasião da colheita, a severidade da antracnose nas vagens, no primeiro ensaio, e da mancha-angular, no segundo. A avaliação foi realizada visualmente, empregando-se uma escala de severidade de nove graus, proposta por VAN-SCHOONHOVEN e PASTOR-CORRALES (1987). Nessa escala, 1 representa ausência de sintomas visíveis; 3, presença de poucas e pequenas lesões; 5, presença de várias lesões, geralmente pequenas (menos de 2 mm de diâmetro); 7, lesões abundantes, de tamanho mediano (mais de 2 mm de diâmetro); e 9, necrose severa.

A colheita foi realizada, no primeiro ensaio, aos 85 DAE e, no segundo, aos 90 DAE. Foram avaliados estande final, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de 100 sementes e produtividade. Para a estimativa dessas duas últimas variáveis, o conteúdo de água das sementes foi corrigido para 12% (b.u.).

A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 5 m de comprimento. A área útil correspondeu às duas fileiras centrais, descartando-se 0,5 m de cada extremidade, perfazendo 4 m². Os dados obtidos foram submetidos

à análise de variância, e as médias das parcelas tratadas com fungicida foram comparadas com a testemunha utilizando-se o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento foram, durante as aplicações do fungicida, adequadas: temperatura inferior a 28°C, umidade relativa superior a 60% e velocidade do vento entre 1 e 3 m s⁻¹.

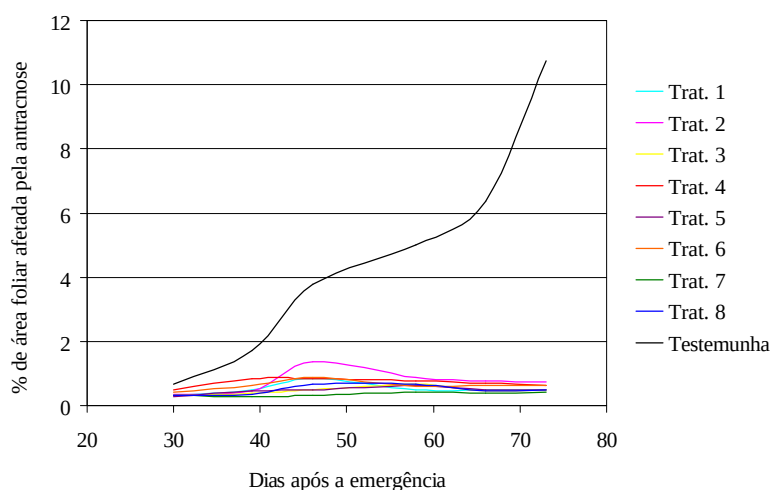
Primeiro ensaio (cultivar Pérola)

A antracnose e a mancha-angular foram as doenças que atacaram o feijoeiro com maior intensidade. Também houve ocorrência de ferrugem. As três doenças apresentaram os primeiros sintomas na fase inicial do ciclo da cultura (cerca de 20 DAE). Na testemunha, a área foliar afetada pela antracnose variou de 0,7%, aos 30 DAE, a 10,8%, aos 73 DAE. No caso da mancha-angular, a área variou de 0,2%, aos 30 DAE, a 10,3%, aos 73 DAE; e no caso da ferrugem, de 0,8%, aos 30 DAE, a 1,6%, aos 58 DAE. Aos 73 DAE, a área foliar afetada com ferrugem caiu para 0,9%.

Vêm-se, nas Figuras 1, 2 e 3, os efeitos da aplicação do chlorothalonil com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes doses e volumes de pulverização, nas curvas de progresso da antracnose, da mancha-angular e da ferrugem. Essas curvas representam as interações que ocorrem entre o patógeno e o hospedeiro sob a influência do ambiente, e refletem o comportamento e a evolução da epidemia no tempo.

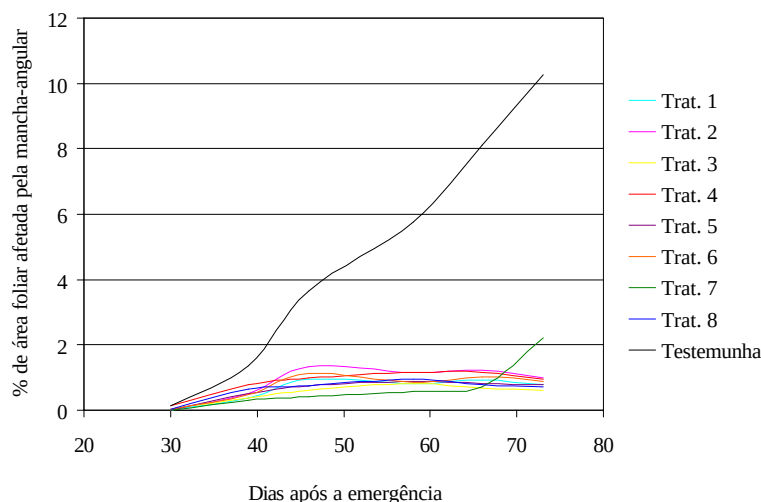
Na primeira avaliação, aos 30 DAE, a área foliar infectada pela antracnose nas parcelas tratadas com fungicida variou de 0,3% a 0,5%; na segunda, de 0,3% a 0,9%; na terceira, de 0,3% a 1,3%; na quarta, de 0,4% a 0,9%; na quinta, de 0,4% a 0,8%; e na sexta, de 0,4% a 0,7%. Quanto à mancha-angular, a área infectada na primeira avaliação variou de 0% a 0,1%; na segunda, de 0,3% a 0,8%; na

terceira, de 0,4% a 1,3%; na quarta, de 0,6% a 1,2%; na quinta, de 0,7% a 1,2%; e na sexta, de 0,6% a 1,0%. No caso da ferrugem, a área infectada na primeira avaliação variou de 0,2% a 0,8%; na segunda, de 0,2% a 1,2%; na terceira, de 0,3% a 0,9%; na quarta, de 0,7% a 1,1%; na quinta, de 0,6% a 0,9%; e na sexta, de 0,5% a 0,7%.



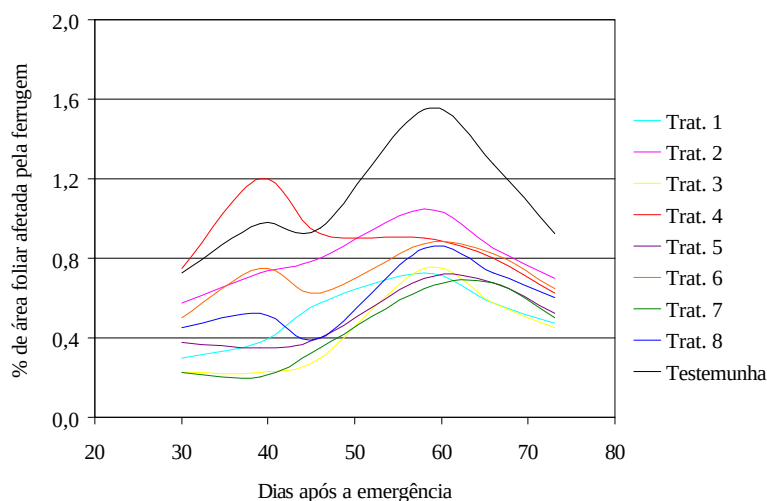
Trat. 1 - Jato plano, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 2 - Jato plano, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 3 - Jato plano, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 4 - Jato plano, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 5 - Jato cônico, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 6 - Jato cônico, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 7 - Jato cônico, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 8 - Jato cônico, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Testemunha - Sem aplicação de fungicida

Figura 1 - Efeitos da aplicação de fungicida em função de bicos de pulverização, de doses de chlorothalonil e de volumes de aplicação na curva de progresso da antracnose.



Trat. 1 - Jato plano, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 2 - Jato plano, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 3 - Jato plano, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Trat. 4 - Jato plano, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Trat. 5 - Jato cônico, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 6 - Jato cônico, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 7 - Jato cônico, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Trat. 8 - Jato cônico, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Testemunha - Sem aplicação de fungicida

Figura 2 - Efeitos da aplicação de fungicida em função de bicos de pulverização, de doses de chlorothalonil e de volumes de aplicação na curva de progresso da mancha-angular.



Trat. 1 - Jato plano, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 2 - Jato plano, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 3 - Jato plano, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Trat. 4 - Jato plano, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Trat. 5 - Jato cônico, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 6 - Jato cônico, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha^{-1}
 Trat. 7 - Jato cônico, dose: $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Trat. 8 - Jato cônico, dose: $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha^{-1}
 Testemunha - Sem aplicação de fungicida

Figura 3 - Efeitos da aplicação de fungicida em função de bicos de pulverização, de doses de chlorothalonil e de volumes de aplicação na curva de progresso da ferrugem.

As doenças, nas parcelas tratadas, mostraram comportamento similar e não apresentaram avanço acentuado ao longo do ciclo, contrastando com o que ocorreu na testemunha. Isso mostra a eficácia do fungicida no controle das doenças, principalmente no da antracnose e da mancha-angular. A ferrugem não atacou o feijoeiro com grande intensidade, mas houve tendência de o controle ser maior com a dose de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de chlorothalonil. Este tem sido usado com êxito no controle de doenças do feijoeiro, como antracnose, mancha-angular e ferrugem, em condições de campo (CASTRO et al., 1989 e OLIVEIRA et al., 1992).

Na Tabela 1, tem-se o resumo da análise de variância dos dados de área abaixo da curva de progresso da antracnose, da mancha-angular e da ferrugem e de severidade de antracnose nas vagens. Observa-se que as interações, bem como os efeitos de bico e volume, não foram significativos pelo teste F.

Em experimentos realizados no Paraná, visando ao controle da mancha-angular e da antracnose, SILVA (1999) não constatou, igualmente, diferença significativa entre os bicos de jato cônico vazio e de jato plano standard na eficácia de fungicidas aplicados com diferentes volumes de calda. GARCIA et al. (2000), estudando o controle de doenças do feijoeiro com fungicida sistêmico, também não constatarem diferença significativa entre os bicos de jato plano e os de jato cônico vazio. Estes autores, apesar de terem encontrado maior cobertura foliar de fungicida aplicado em volume de calda de 200 L ha^{-1} , mostraram, ademais, a viabilidade de se utilizar volumes de aplicação mais reduzidos, próximos a 100 L ha^{-1} , visto que, para a severidade de doenças, não houve diferença significativa entre tratamentos.

Tradicionalmente, os agricultores têm utilizado bicos de jato cônico, com volumes de calda superiores a 200 L ha^{-1} , para aplicação de fungicida no feijoeiro. Entretanto, em face dos resultados obtidos, deve-se avaliar também a possibilidade de uso de bicos de jato plano, com menores volumes de pulverização, principalmente em condições climáticas que favorecem a deriva.

Em geral, o volume de aplicação não tem influência direta no resultado do controle, pois a adição de água ao produto tem como finalidade diluir, transportar e facilitar a distribuição do ingrediente ativo sobre o alvo. Aplicações com volumes de calda de 125 L ha⁻¹, utilizando bicos de jato plano ou de jato cônico vazio, podem propiciar densidade de cobertura superior a 70 gotas cm⁻², o que é desejável para obter uma boa cobertura do alvo com fungicidas de contato, explicando-se, assim, o controle de doenças utilizando esses volumes. Vários autores citam esse valor de cobertura como sendo o valor mínimo necessário para obter bom controle de doenças utilizando fungicidas de contato (BARTHELEMY et al., 1990; MÁRQUEZ, 1997 e AZEVEDO, 2001).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos dados de área abaixo da curva de progresso (AACP) da antracnose, da mancha-angular e da ferrugem e de severidade de antracnose nas vagens

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Antracnose nas Vagens	AACP		
			Antracnose	Mancha-Angular	Ferrugem
Bloco	3	7,4074E-02	8,1025E+01	2,9090E+02	1,6369E+02
Dose	1	3,1250E-02 ^{ns}	5,1946E+02*	6,7666E+02*	1,2986E+03**
Bico	1	3,1250E-02 ^{ns}	2,3824E+02 ^{ns}	1,3674E+02 ^{ns}	1,5598E+02 ^{ns}
Volume	1	3,1250E-02 ^{ns}	1,3261E+02 ^{ns}	7,7969E+01 ^{ns}	4,1519E+01 ^{ns}
Dose x Bico	1	3,1250E-02 ^{ns}	7,5772E-02 ^{ns}	6,8913E+00 ^{ns}	1,7776E+01 ^{ns}
Dose x Volume	1	3,1250E-02 ^{ns}	2,5946E+01 ^{ns}	1,9380E+02 ^{ns}	1,3674E+02 ^{ns}
Volume x Bico	1	3,1250E-02 ^{ns}	8,5816E+00 ^{ns}	6,3281E-03 ^{ns}	4,1519E+01 ^{ns}
Dose x Volume x Bico	1	3,1250E-02 ^{ns}	2,5393E+00 ^{ns}	2,0560E+01 ^{ns}	5,2403E+01 ^{ns}
Fatorial x Testemunha	1	2,6281E+01**	5,5844E+04**	1,1951E+05**	1,7575E+03**
Resíduo	24	5,3241E-02	7,1103E+01	1,2106E+02	6,4680E+01
CV(%)		17,31	24,59	20,48	26,44

** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2 - Efeitos de doses de fungicida na área abaixo da curva de progresso (AACP) da antracnose, da mancha-angular e da ferrugem, entre 30 e 73 DAE*

Dose de Fungicida	AACP		
	Antracnose	Mancha-Angular	Ferrugem
Dose Cheia (1,5 kg ha ⁻¹ i.a.)	16,33b	28,74b	21,57B
Sub-dose (0,75 kg ha ⁻¹ i.a.)	24,39a	37,94a	34,31A

* Médias seguidas por letras maiúsculas ou minúsculas distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3 - Efeitos de bicos de pulverização, de volumes de aplicação e de doses de fungicida na área abaixo da curva de progresso (AACP) da antracnose, da mancha-angular e da ferrugem, entre 30 e 73 DAE, e na severidade de antracnose nas vagens

TRATAMENTO			Antracnose nas Vagens†	AACP		
Bico	Volume (L ha ⁻¹)	Dose (kg ha ⁻¹ i.a.)		Antracnose	Mancha-Angular	Ferrugem
Jato Plano	125	1,5	1,00*	20,01*	31,16*	23,74*
Jato Plano	125	0,75	1,00*	29,21*	42,75*	36,56
Jato Plano	250	1,5	1,00*	16,31*	25,54*	19,69*
Jato Plano	250	0,75	1,00*	26,83*	42,19*	40,61
Jato Cônico	125	1,5	1,25*	16,83*	30,38*	23,18*
Jato Cônico	125	0,75	1,00*	23,55*	35,33*	32,85*
Jato Cônico	250	1,5	1,00*	12,19*	27,90*	19,69*
Jato Cônico	250	0,75	1,00*	17,98*	31,50*	27,23*
Testemunha			3,75	145,69	216,68	50,18

† Severidade de antracnose nas vagens, escala de 1 a 9, em que: 1 = ausência de sintomas e 9 = necrose severa.

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Houve efeito significativo de dose na área abaixo da curva de progresso das três doenças. Também houve efeito significativo nessas variáveis e na severidade de antracnose nas vagens da fonte de variação fatorial vs testemunha. Observa-se, na Tabela 2, que a AACP das três doenças foi superior quando se utilizou sub-dose ($0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ i.a.). Isso indica que houve menor controle das doenças com essa dose, principalmente no caso da ferrugem. Vale ressaltar que a dose do chlorothalonil recomendada pelo fabricante, para a cultura do feijão, situa-se na faixa de $1,0$ a $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ do ingrediente ativo.

Com relação à comparação entre parcelas tratadas e testemunha (Tabela 3), nota-se o efeito positivo da aplicação do fungicida no controle da antracnose, da mancha-angular e da ferrugem. As severidades das doenças foram significativamente maiores nas parcelas que não receberam fungicida, exceto em relação à ferrugem nos tratamentos que utilizaram sub-dose e bicos de jato plano.

Os resultados das análises de variância referentes aos efeitos dos tratamentos nos componentes da produtividade do feijoeiro são apresentados na Tabela 4. Observa-se que, para todos os componentes, somente a fonte de variação fatorial vs testemunha foi significativa pelo teste F, com exceção do componente plantas ha^{-1} , em que nenhuma fonte de variação foi significativa. Dessa forma, procedeu-se à comparação de médias entre as parcelas tratadas e a testemunha pelo teste de Dunnett (Tabela 5).

Como ocorreu na avaliação da severidade de doenças, os bicos e os volumes de pulverização também não influenciaram a produtividade da cultura, confirmando a viabilidade do uso de bicos de jato plano em volume de aplicação de 125 L ha^{-1} . Resultados semelhantes foram encontrados por GARCIA et al. (2000).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância dos componentes da produção (plantas ha⁻¹, vagens planta⁻¹, sementes vagem⁻¹, massa de 100 sementes e produtividade)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Plantas ha ⁻¹	Vagens planta ⁻¹	Sementes vagem ⁻¹
Bloco	3	1,5573E+08	2,0846E+00	3,2106E-01
Dose	1	6,7988E+08 ^{ns}	1,4570E-02 ^{ns}	3,7201E-02 ^{ns}
Bico	1	1,7578E+06 ^{ns}	8,5052E-01 ^{ns}	2,7887E-02 ^{ns}
Volume	1	4,6895E+08 ^{ns}	4,6991E-01 ^{ns}	1,5299E-01 ^{ns}
Dose x Bico	1	1,6426E+08 ^{ns}	9,3259E-01 ^{ns}	2,6661E-02 ^{ns}
Dose x Volume	1	6,3457E+08 ^{ns}	1,0772E+00 ^{ns}	1,1553E-02 ^{ns}
Volume x Bico	1	1,9531E+05 ^{ns}	2,5923E-01 ^{ns}	1,1444E-01 ^{ns}
Dose x Volume x Bico	1	2,0721E+09 ^{ns}	1,7564E+00 ^{ns}	6,5544E-03 ^{ns}
Fatorial x Testemunha	1	3,6675E+06 ^{ns}	9,7680E+00**	1,4854E+00**
Resíduo	24	4,6550E+08	1,1240E+00	1,0240E-01
CV (%)		8,96	18,11	7,67

		Massa de 100 sementes	Produtividade
Bloco	3	1,3066E+00	5,0879E+04
Dose	1	1,1038E+00 ^{ns}	3,2867E+04 ^{ns}
Bico	1	1,5462E+00 ^{ns}	1,7749E+05 ^{ns}
Volume	1	4,3945E-03 ^{ns}	4,4383E+04 ^{ns}
Dose x Bico	1	1,2700E+00 ^{ns}	3,2116E+02 ^{ns}
Dose x Volume	1	7,5740E-02 ^{ns}	6,5122E+03 ^{ns}
Volume x Bico	1	1,4382E+00 ^{ns}	1,1618E+03 ^{ns}
Dose x Volume x Bico	1	3,7969E-02 ^{ns}	1,2515E+06 ^{ns}
Fatorial x Testemunha	1	6,4303E+00**	7,8700E+04**
Resíduo	24	4,5871E-01	5,0879E+04
CV (%)		3,06	21,02

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 5 - Efeito do tipo de bico de pulverização, do volume de aplicação e da dose de fungicida nos componentes da produtividade do feijoeiro

TRATAMENTO			Plantas ha ⁻¹	Vagens planta ⁻¹	Sementes vagem ⁻¹	Massa de 100 sementes (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Bico	Volume (L ha ⁻¹)	Dose (L ha ⁻¹ i.a.)					
Jato Plano	125	1,5	231.250	5,93	4,18*	22,8*	1.308*
Jato Plano	125	0,75	242.500	5,40	4,23*	23,5*	1.309*
Jato Plano	250	1,5	250.625	6,23	4,28*	22,8*	1.515*
Jato Plano	250	0,75	238.750	5,95	4,17*	22,6*	1.343*
Jato Cônico	125	1,5	256.875	5,60	4,18*	21,9	1.350*
Jato Cônico	125	0,75	218.125	6,74*	4,11	22,7*	1.339*
Jato Cônico	250	1,5	243.750	6,48*	4,47*	22,6*	1.590*
Jato Cônico	250	0,75	246.250	5,99	4,34*	22,7*	1.454*
Testemunha			240.000	4,38	3,60	21,3	808

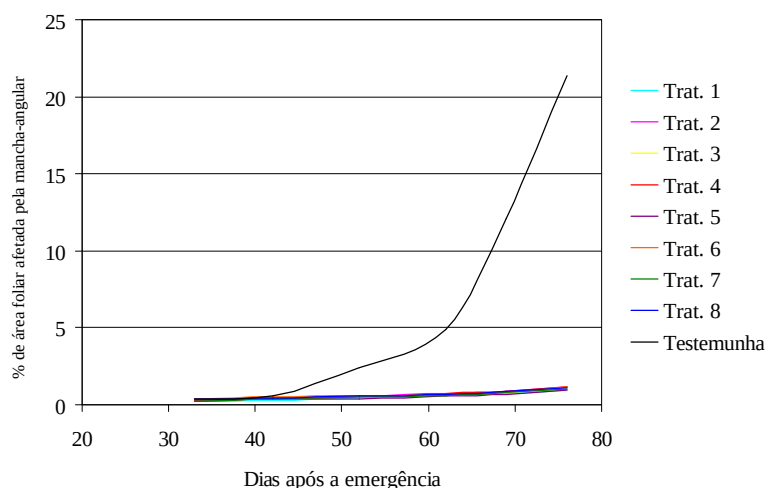
As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

A população final de plantas variou de 218 a 257 mil plantas ha⁻¹, situando-se dentro da população de plantas recomendada para a cultura do feijão (VIEIRA, 1978). O número de vagens por planta variou de 4,4 a 6,7; o número de sementes por vagem, de 3,6 a 4,5; a massa de 100 sementes, de 21,3 a 23,5 g; e a produtividade, de 808 a 1.590 kg ha⁻¹. Os componentes de produtividade mais afetados pela aplicação de fungicida foram o número de sementes por vagem e a massa de 100 sementes. A produtividade nas parcelas tratadas com fungicida foi significativamente superior à da testemunha: 73%, em média.

Segundo ensaio (cultivar Ouro Negro)

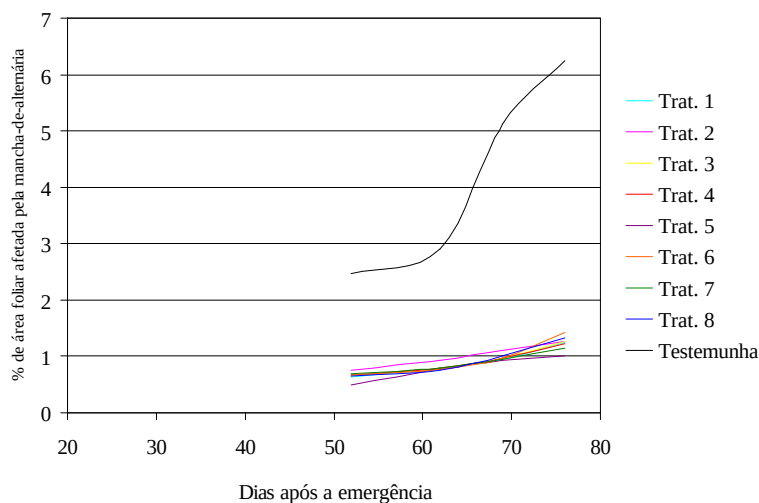
A mancha-angular foi a doença que atacou o feijoeiro com maior intensidade. Ela apresentou seus sintomas iniciais cerca de 25 DAE. Também houve ocorrência de mancha-de-alternária (*Alternaria spp.*), a partir de 45 DAE. Na testemunha, a área foliar afetada pela mancha-angular variou de 0,4%, aos 33 DAE, a 21,4%, aos 76 DAE. No caso da mancha-de-alternária, a área variou de 2,5%, aos 52 DAE, a 6,25%, aos 76 DAE.

Vêm-se, nas Figuras 4 e 5, os efeitos da aplicação de fungicida com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio, em diferentes doses e volumes de aplicação, nas curvas de progresso da mancha-angular e da mancha-de-alternária. Na primeira avaliação, aos 33 DAE, a área foliar infectada pela mancha-angular nas parcelas tratadas com fungicida variou de 0,2% a 0,4%; na segunda, de 0,3% a 0,5%; na terceira, de 0,4% a 0,6%; na quarta, de 0,6% a 0,7%; na quinta, de 0,7% a 0,9%; e na sexta, de 1,0% a 1,2%. Quanto à mancha-de-alternária, a área infectada na primeira avaliação, aos 52 DAE, variou de 0,5% a 0,8%; na segunda, de 0,8% a 0,9%; na terceira, de 0,9% a 1,1%; e na quarta, de 1,0% a 1,4%.



Trat. 1 - Jato plano, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 2 - Jato plano, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 3 - Jato plano, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 4 - Jato plano, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 5 - Jato cônico, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 6 - Jato cônico, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 7 - Jato cônico, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 8 - Jato cônico, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Testemunha - Sem aplicação de fungicida

Figura 4 - Efeitos da aplicação de fungicida em função de bicos de pulverização, de doses de chlorothalonil e de volumes de aplicação na curva de progresso da mancha-angular.



Trat. 1 - Jato plano, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 2 - Jato plano, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 3 - Jato plano, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 4 - Jato plano, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 5 - Jato cônico, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 6 - Jato cônico, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 125 L ha⁻¹
 Trat. 7 - Jato cônico, dose: 1,5 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Trat. 8 - Jato cônico, dose: 0,75 kg ha⁻¹ i.a. , volume de aplicação: 250 L ha⁻¹
 Testemunha - Sem aplicação de fungicida

Figura 5 - Efeitos da aplicação de fungicida em função de bicos de pulverização, de doses de chlorothalonil e de volumes de aplicação na curva de progresso da mancha-de-alternária.

De forma semelhante ao primeiro ensaio, as doenças, nas parcelas tratadas, mantiveram-se em baixo nível ao longo do ciclo de vida do feijoeiro, contrastando com o que ocorreu na testemunha. Redução da severidade da mancha-angular e da mancha-de-alternária, com a utilização do chlorothalonil, também foi verificada por VIEIRA et al. (1998). De maneira geral, o controle das doenças proporcionado pelas aplicações de fungicida com os diferentes bicos e volumes de calda não apresentou diferenciação entre si.

Na Tabela 6 tem-se o resumo da análise de variância dos dados de área abaixo da curva de progresso da mancha-angular e da mancha-de-alternária e de severidade da mancha-angular nas vagens. Observa-se que as interações, bem como os efeitos de bico, dose e volume, não foram significativos pelo teste F. Todos os tratamentos com aplicação de fungicida proporcionaram controle das duas doenças significativamente superior à testemunha (Tabela 7). Isso reforça os resultados obtidos no primeiro ensaio.

Os efeitos dos tratamentos nos componentes da produtividade são apresentados nas Tabelas 8 e 9. A fonte de variação fatorial vs testemunha foi significativa para as variáveis vagens planta⁻¹, massa de 100 sementes e produtividade. Todas as parcelas que receberam fungicida diferiram significativamente da testemunha com relação à massa de 100 sementes e à produtividade. Quanto às variáveis plantas ha⁻¹ e sementes vagem⁻¹, nenhuma fonte de variação foi significativa, o que demonstra que elas não foram afetadas pela aplicação do fungicida. O tipo de bico, o volume e a dose utilizada na aplicação do fungicida não afetaram a produção do feijoeiro.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância dos dados de área abaixo da curva de progresso (AACP) da mancha-angular e da mancha-de-alternária e de severidade de mancha-angular nas vagens

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Mancha-Angular nas Vagens	AACP	
			Mancha-Angular	Mancha-de-Alternária
Bloco	3	1,3731E-01	7,6657E+02	1,0362E+02
Dose	1	2,5313E-02 ^{ns}	1,3924E+02 ^{ns}	1,6675E+01 ^{ns}
Bico	1	1,5313E-02 ^{ns}	7,9695E-01 ^{ns}	9,1378E+00 ^{ns}
Volume	1	3,1250E-04 ^{ns}	1,5976E+00 ^{ns}	2,4500E-01 ^{ns}
Dose x Bico	1	2,5313E-02 ^{ns}	4,3945E-01 ^{ns}	2,5313E-02 ^{ns}
Dose x Volume	1	2,8125E-03 ^{ns}	1,3585E+01 ^{ns}	1,4045E+01 ^{ns}
Volume x Bico	1	7,8125E-03 ^{ns}	7,0508E-01 ^{ns}	6,1250E+00 ^{ns}
Dose x Volume x Bico	1	3,1250E-04 ^{ns}	5,1258E-01 ^{ns}	1,0125E-01 ^{ns}
Fatorial x Testemunha	1	6,2813E+01**	1,5315E+05**	1,9249E+04**
Resíduo	24	1,1169E-01	5,1593E+02	2,7371E+01
CV(%)		22,08	47,28	17,75

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7 – Efeitos de bicos de pulverização, de volumes de aplicação e de doses de fungicida na área abaixo da curva de progresso (AACP) da mancha-angular e da mancha-de-alternária, entre 33 e 76 DAE, e na severidade de mancha-angular nas vagens

TRATAMENTO			Mancha-Angular nas Vagens†	AACP	
Bico	Volume (L ha ⁻¹)	Dose (kg ha ⁻¹ i.a.)		Mancha-Angular	Mancha-de-Alternária
Jato Plano	125	1,5	1,05*	22,58*	20,95*
Jato Plano	125	0,75	1,03*	27,56*	23,78*
Jato Plano	250	1,5	1,00*	23,78*	21,34*
Jato Plano	250	0,75	1,03*	26,66*	21,29*
Jato Cônico	125	1,5	1,00*	21,48*	19,06*
Jato Cônico	125	0,75	1,10*	27,44*	21,78*
Jato Cônico	250	1,5	1,03*	23,78*	20,98*
Jato Cônico	250	0,75	1,15*	26,63*	21,26*
Testemunha			5,25	232,53	94,88

† Severidade de mancha-angular nas vagens, escala de 1 a 9, em que: 1 = ausência de sintomas e 9 = necrose severa. As médias seguidas por asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância da produtividade e dos seus componentes

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Plantas ha ⁻¹	Vagens planta ⁻¹	Sementes vagem ⁻¹
Bloco	3	9,1128E+08	1,9933E+00	6,7407E-02
Dose	1	3,1250E+06 ^{ns}	5,1824E-01 ^{ns}	2,5313E-02 ^{ns}
Bico	1	3,1250E+06 ^{ns}	3,9350E-01 ^{ns}	3,1250E-04 ^{ns}
Volume	1	1,3203E+08 ^{ns}	5,8028E-01 ^{ns}	9,0313E-02 ^{ns}
Dose x Bico	1	7,0313E+06 ^{ns}	1,4924E-03 ^{ns}	7,0313E-02 ^{ns}
Dose x Volume	1	3,1250E+06 ^{ns}	3,4688E+00 ^{ns}	2,5313E-02 ^{ns}
Volume x Bico	1	3,1250E+06 ^{ns}	4,1229E-01 ^{ns}	3,7813E-02 ^{ns}
Dose x Volume x Bico	1	7,8125E+05 ^{ns}	1,5207E-01 ^{ns}	3,1250E-04 ^{ns}
Fatorial x Testemunha	1	4,6259E+08 ^{ns}	7,9810E+00*	6,4201E-02 ^{ns}
Resíduo	24	1,8381E+08	1,3078E+00	1,2387E-01
CV (%)		5,60	11,30	6,46

		Massa de 100 sementes	Produtividade
Bloco	3	1,6991E+00	2,5168E+05 ^{ns}
Dose	1	7,0846E-01 ^{ns}	7,2526E+04 ^{ns}
Bico	1	3,8530E-01 ^{ns}	1,7650E+05 ^{ns}
Volume	1	3,8033E-01 ^{ns}	1,3468E+05 ^{ns}
Dose x Bico	1	3,1964E-02 ^{ns}	9,2849E+04 ^{ns}
Dose x Volume	1	7,1382E-02 ^{ns}	4,4482E+05 ^{ns}
Volume x Bico	1	1,4568E-03 ^{ns}	1,3939E+05 ^{ns}
Dose x Volume x Bico	1	6,1051E-02 ^{ns}	2,2612E+04 ^{ns}
Fatorial x Testemunha	1	1,0230E+02**	6,7867E+06**
Resíduo	24	1,3422E+00	1,7873E+05
CV (%)		4,03	11,02

** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 9 - Efeito do tipo de bico de pulverização, do volume de aplicação e da dose de fungicida nos componentes da produtividade do feijoeiro

TRATAMENTO			Plantas ha ⁻¹	Vagens planta ⁻¹	Sementes vagem ⁻¹	Massa de 100 sementes (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Bico	Volume (L ha ⁻¹)	Dose (L ha ⁻¹ i.a.)					
Jato Plano	125	1,5	246.250	10,04	5,48	29,5*	3.979*
Jato Plano	125	0,75	245.625	10,80	5,28	29,7*	4.149*
Jato Plano	250	1,5	242.500	10,51	5,60	29,2*	4.164*
Jato Plano	250	0,75	240.000	10,24	5,50	29,5*	3.968*
Jato Cônico	125	1,5	244.375	9,89	5,45	29,0*	3.801*
Jato Cônico	125	0,75	245.000	10,95*	5,43	29,6*	4.293*
Jato Cônico	250	1,5	241.250	10,19	5,43	29,1*	3.829*
Jato Cônico	250	0,75	241.250	9,66	5,53	29,2*	3.743*
Testemunha			231.875	8,79	5,33	24,0	2.609

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Como no ensaio anterior, a população final de plantas de todos os tratamentos ficou dentro da recomendada, variando de 232 a 246 mil plantas ha^{-1} . O número de vagens por planta variou de 8,8 a 11,0; o número de sementes por vagem, de 5,3 a 5,6; a massa de 100 sementes, de 24,0 a 29,7 g e a produtividade, de 2.609 a 4.293 kg ha^{-1} . A produtividade nas parcelas tratadas com fungicida foi significativamente superior à da testemunha: 53%, em média.

Os resultados alcançados com o cultivar Ouro Negro reforçam os dados obtidos com o cultivar Pérola. Não houve diferença significativa entre bicos, volumes e doses no controle das doenças do feijoeiro. Portanto, há viabilidade em se utilizar bicos de jato de plano com volumes de aplicação próximos a 125 L ha^{-1} , principalmente em condições climáticas adversas, em que o emprego de bicos de jato plano pode propiciar redução de deriva e, com isso, uma aplicação mais segura.

CONCLUSÕES

- Não houve influência do tipo de bico de pulverização (jato plano e jato cônico vazio) e do volume de calda (125 e 250 L ha^{-1}), empregados na aplicação do fungicida chlorothalonil, no controle da antracnose, da mancha-angular e da mancha-de-alternária e na produtividade do feijoeiro.
- O fungicida propiciou bom controle das doenças. Isso refletiu na produtividade, que foi, em média, 73% superior à obtida na testemunha, para o cultivar Pérola, e 53%, para o cultivar Ouro Negro.
- Há viabilidade em se utilizar bicos de jato plano com volume de aplicação de 125 ou 250 L ha^{-1} para a aplicação de fungicida em feijoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, L.A.S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. São Paulo, 2001. 230p.

BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulverisation**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160 p.

CANTERI, M.G.; BERGAMIN FILHO, A. Danos e manejo integrado. In: CANTERI, M.G.; PRIA, M.; SILVA, O.C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para o manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p.65-77.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532p.

CARDOSO, J.E. Ferrugem. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1988. p.479-490.

CARRERO, J.M. **Maquinaria para tratamientos fitosanitarios**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 159 p.

CASTRO, J.L.; DUDIENAS, C.; ITO, M.F.; IGUE, T. Eficiência de fungicidas no controle das doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.15, p.145-155, 1989.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Pulverização ou aplicação?** São Paulo: Teejet South América, 1999. 5 p.

DUDIENAS, C.; CASTRO, J.L.; ITO, M.F.; SOAVE, J.; MAEDA, J.A. Efeito de fungicidas na produção, sanidade e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 20-24, 1990.

FNP. Comércio e Consultoria. **Agrianual 2003**. São Paulo, 2002. p. 345-354.

GARCIA, L.C.; ZENY, E.P.; JUSTINO, A.; CANTERI, M.G. Avaliação da qualidade da aplicação de um fungicida em função do tipo de ponta de pulverização e do estágio de desenvolvimento da cultura do feijão. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 2., 2000, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: IAC, 2000. Disponível em: <http://www.iac.br/~cma/Sintag>. Acesso em: 6 de outubro de 2002.

GODOY, C.V.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; IAMAUTI, M.T.; DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Sonderheft, v. 104, n. 4, p. 336-345, 1997.

JENSEN, P.K.; JORGENSEN, L.N.; KIRKNE, E. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. **Crop Protection**, London, v. 20, p. 57-64, 2001.

McMULLAN, P.M. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl. **Crop Protection**, London, v.14, n.7, p.549-554, 1995.

MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, Campina Grande, 1997. **Anais...** Campina Grande: UFPB, 1997. CD-ROM.

MATUO, T. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 1, 1985, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1985. p.3-11.

OLIVEIRA, S.H.F., BARROS, B.C.; CASTRO, J.L. Avaliação do efeito de fungicidas no controle de doenças da parte aérea e na qualidade de sementes de feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 18, p.178-184,1992.

PAULA JÚNIOR, T.J., ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.375-433.

RAVA, C.A., SARTORATO, A., BOTELHO, S.A. Eficiência in vitro e in vivo de fungicidas no controle de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.24, n.1, p.45-48, 1998.

SARTORATO, A., RAVA, C.A. Controle químico da mancha angular do feijoeiro comum com aplicação de fungicidas via pivô central. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.24, n.3/4, p.253-257, 1998.

SILVA, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G.; PRIA, M.D.; SILVA, O.C. (Eds.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

TEIXEIRA, S.M.; ROCHA, L.S.A. **Análise sócio-econômica da produção**. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M. YAMADA, T. (eds.). Cultura do feijoeiro. Piracicaba: POTAFÓS, 1988. p.37-58.

VAN-SCHOONHOVEN, A.; PASTOR-CORRALES, M.A. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. Cali: CIAT, 1987. 56p.

VIEIRA, C. **A cultura do feijão**. Viçosa: UFV, 1978. 146p.

VIEIRA, R.F.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BERGER, P.G. Avaliação da eficiência de fungicidas e do inseticida cartap no controle de doenças da parte aérea do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) no inverno-primavera. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.24, n.1, p.17-22, 1998.

RESUMO E CONCLUSÕES

Existe tendência de reduzir a dose e o volume de calda das aplicações de fungicida nos feijoeiros, visando aumentar a eficiência da pulverização e baixar custos. Essa redução requer, no entanto, um aprimoramento da tecnologia de aplicação. É preciso dominar as variáveis bico, pressão, volume de aplicação, altura da barra porta-bicos, espectro de gotas e nível de cobertura, de modo a garantir uma aplicação mais eficiente e mais segura ambientalmente.

Este trabalho teve como objetivos: avaliar o desempenho operacional de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio, submetidos a diferentes pressões do líquido e alturas da barra porta-bicos; avaliar a deposição e a deriva de calda fungicida pulverizada no feijoeiro com bicos de jato plano e de jato cônico vazio, em dois volumes de aplicação; e avaliar o controle de doenças do feijoeiro com o fungicida chlorothalonil aplicado com bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio, em duas doses e dois volumes de calda.

Em laboratório, foram analisados o espectro de gotas, por meio de um analisador de gotas por difração de raio laser, e a uniformidade de distribuição volumétrica de bicos de jato plano standard e de jato cônico vazio submetidos a diferentes pressões. Em campo, foram instalados dois experimentos, um com o cultivar de feijão Pérola e outro com o Ouro Negro. Foi empregado o fungicida de contato chlorothalonil (0,75 ou 1,5 kg ha⁻¹ i.a.) em dois volumes de aplicação

(125 ou 250 L ha⁻¹), com bicos de jato plano standard e de jato cônico vazio. Foram avaliados: severidade de doenças fúngicas; produtividade; deposição de calda em duas posições do dossel, por meio de espectrofotometria; e deriva, por meio de análise de imagens de etiquetas amostradoras.

Os resultados permitiram as seguintes conclusões:

- A uniformidade de distribuição volumétrica superficial dos bicos avaliados foi influenciada pela vazão nominal, pela pressão do líquido e pela altura da barra porta-bicos.
- Os bicos de jato plano apresentaram boa uniformidade de distribuição, enquanto os bicos de jato cônico vazio apresentaram distribuição volumétrica bastante variável, principalmente em função da vazão nominal.
- Os bicos de jato plano e de jato cônico vazio propiciaram cobertura semelhante da folhagem do feijoeiro, tanto na posição superior quanto na inferior do dossel.
- O volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ proporcionou maior retenção de calda na folhagem e maior uniformidade de cobertura das plantas que o volume de 125 L ha⁻¹.
- As gotas formadas nas aplicações com bicos de jato cônico vazio estão mais sujeitas à deriva que as produzidas com bicos de jato plano, especialmente quando se emprega baixo volume de aplicação.
- Não houve influência do tipo de bico de pulverização (jato plano e jato cônico vazio) e do volume de calda (125 e 250 L ha⁻¹), empregados na aplicação do fungicida chlorothalonil, no controle da antracnose, da mancha-angular e da mancha-de-alternária e na produtividade do feijoeiro.
- O fungicida propiciou bom controle das doenças. Isso refletiu na produtividade, que foi, em média, 73% superior à obtida na testemunha, para o cultivar Pérola, e 53%, para o cultivar Ouro Negro.
- Há viabilidade em se utilizar bicos de jato plano com volume de aplicação de 125 ou 250 L ha⁻¹ para a aplicação de fungicida em feijoeiro.