

GILTON JOSÉ RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM
PULVERIZADOR PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM LAVOURAS DE
CAFÉ EM FORMAÇÃO**

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

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

2002

GILTON JOSÉ RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM
PULVERIZADOR PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM LAVOURAS DE
CAFÉ EM FORMAÇÃO**

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

APROVADA: 13 de agosto de 2002

Prof. Haroldo C. Fernandes
(Conselheiro)

Prof. Lino Roberto Ferreira
(Conselheiro)

Prof. Julião Soares de Souza Lima

Prof. Gutemberg Pereira Dias

Prof. Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

A Deus, pela vida.
Aos meus pais Adezílio e Maria Arruda.
Aos meus filhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida que me foi concedida.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Mauri Martins Teixeira, pelos valiosos ensinamentos, pela orientação, pela amizade e pela confiança.

Aos professores Haroldo Fernandes e Lino Roberto, pelo apoio e pelas orientações durante a realização do trabalho.

Aos professores Gutemberg e Julião, membros da Banca Examinadora, pelas valiosas sugestões.

Aos meus filhos Carolina e Rodrigo, pelo apoio e incentivo, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Aos colegas Antonio Donizete, Elton, Jean, Luiz Henrique, Darly, Kalil, Varela, Alysson, Eudes, Renato Ruas, Anderson, Leidy, Henrique, Tadashi, Luciano e Elder, pelo companheirismo, pela amizade e pelo apoio.

A Denílson, pelas sugestões e pelo auxílio na execução do projeto.

A Cristiano, pelas sugestões, correções e pelo auxílio nas análises estatísticas.

A João Paulo pelas sugestões técnicas e correções.

Aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola, Vantuil, Danilo, Geraldo e Marcelo, pela ajuda na execução do trabalho.

Aos funcionários, Edna, Galinari, Zé Mauro e Marcos, pela presteza que sempre me atendeu.

A Flora Malagoli, a irmã espiritual que sempre me apoiou em todos os momentos, a quem sou eternamente grato.

A todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

GILTON JOSÉ RODRIGUES, filho de Adezílio Rodrigues de Freitas e Maria Arruda Rodrigues, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, em 18 de outubro de 1952.

Em agosto de 1975, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Em agosto de 2000, ingressou no programa de Pós-Graduação da UFRV, em nível de mestrado, em Engenharia Agrícola, na área de Mecanização Agrícola, submetendo-se à defesa de tese em 13 de agosto de 2002.

ÍNDICE

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
DESENVOLVIMENTO DE UM PULVERIZADOR HIDRÁULICO PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM LAVOURAS DE CAFÉ EM FORMAÇÃO.....	6
RESUMO	6
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
DESEMPENHO DE UM PULVERIZADOR PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM LAVOURAS DE CAFÉ EM FORMAÇÃO.....	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	31
INTRODUÇÃO.....	32
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DOS TRATAMENTOS COM HERBICIDAS EM LAVOURAS DE CAFÉ EM FORMAÇÃO UTILIZANDO UM EQUIPAMENTO DE TRACÇÃO ANIMAL.....	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	50
INTRODUÇÃO.....	51
MATERIAL E MÉTODOS.....	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59

CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
CONCLUSÕES GERAIS.....	68

RESUMO

RODRIGUES, Gilton José, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2002. **Desenvolvimento e avaliação do desempenho de um pulverizador para aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação.** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Conselheiros: Haroldo Carlos Fernandes e Lino Roberto Ferreira.

A aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação constitui uma prática bastante difundida. No entanto, essa prática torna-se arriscada porque faltam produtos seletivos e equipamentos que forneçam proteção adequada à planta. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi projetar e construir um pulverizador de tração animal para aplicação de herbicidas em lavouras de café, em formação, oferecendo proteção à planta contra os efeitos da deriva. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e em uma lavoura de café (*Coffea arabica*, L.), variedade Catuaí com 18 meses de plantio. O equipamento construído constitui-se de dois reservatórios com capacidade individual de 50 L, uma bomba de diafragma acionada por uma bateria de 40 A/h, um conjunto regulador de pressão com manômetro, uma barra de pulverização com capacidade para dois bicos, um dispositivo protetor contra deriva e dois bicos de jato plano com distribuição uniforme. Foram avaliados: o desempenho do equipamento, o perfil da distribuição volumétrica dos bicos utilizados, a exigência energética da bomba, o dimensionamento da barra de pulverização, o dispositivo protetor contra deriva, a capacidade de retorno para agitação da calda e o dimensionamento de um suporte para o equipamento. Para a avaliação do

desempenho, estudou-se o espectro da população de gotas produzidas pelo equipamento, a faixa de aplicação, a capacidade operacional, a proteção proporcionada à cultura contra danos mecânicos, os efeitos da deriva e a eficácia dos tratamentos, utilizando-se um herbicida não-seletivo. Todos os bicos apresentaram o coeficiente de variação da distribuição volumétrica superiores ao limite máximo de 9%, estabelecido para uma boa distribuição, para todas as alturas e pressões estudadas. A demanda máxima de potência requerida pela bomba a 500 kPa foi estimada em 61,71 W, sendo 26,54% inferior ao valor indicado pelo fabricante e a vazão máxima estimada foi de 3,94 Lmin⁻¹ à pressão de 100 kPa. A menor faixa de aplicação foi de 1,16 m, proporcionada pelos bicos 80-EF-015 na pressão de 100 kPa, e a maior foi de 1,60 m com os bicos 80-EF-03. A barra de pulverização, juntamente com o dispositivo protetor, possibilitou a aplicação da calda nas duas laterais do cafeeiro, simultaneamente, com eficácia superior a 98%. A proteção contra a deriva foi considerada excelente, sendo que nenhum sinal de intoxicação pelo herbicida foi detectado na cultura. O equipamento abastecido pesou 133 kg, proporcionando uma capacidade operacional teórica de 0,43 ha h⁻¹.

ABSTRACT

RODRIGUES, Gilton José, M.S. Universidade Federal de Viçosa, August, 2002.
Development and Evaluation of a herbicide application on initial- stadium coffee crops. Adviser: Mauri Martins Teixeira. Committee Members: Haroldo Carlos Fernandes and Lino Roberto Ferreira.

The application of herbicides on initial -stadium coffee crops is a widespread practice. However, this practice can be risky due to the lack of selective tools to provide adequate protection to the plant. Thus, this work aimed to design and build an animal -transported sprayer to apply herbicide on initial-stadium coffee crops, that could offer protection to the plant against drift effects. The work was conducted at the Laboratory of Agricultural Mechanization of the Department of Agricultural Engineering of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), using an 18 month-old coffee (*Coffea arabica*, L) crop, variety Catuai. The equipment built consisted of two tanks with individual capacity of 50 L, a diaphragm pump activated by a 40 Ah battery, a manometer pressure regulator set, a spraying boom with capacity for two nozzles, a protective device against drift and two fan-type nozzles, with uniform distribution. The following aspects were evaluated: equipment performance, volumetric distribution profile of the nozzles, energetic demand of the pump, spraying bar dimensioning, drift-protecting device, the return capacity for stirring the liquid and the equipment support dimensioning. Performance was evaluated by studying the range of drops produced by the equipment, the range of application, operational capacity, protection provided to the culture against mechanical damage, drift effects and treatment efficiency, by using a non-selective herbicide. All

the nozzles showed a volumetric distribution variation coefficient higher than the maximum limit of 9%, which was established for a good distribution, for all the heights and pressures studied. The maximal potency demand required by the pump at 500 kPa was estimated in 61.71 W, with 26.54% being lower than the value recommended by the manufacturer, and the maximum flow estimated was 3.94 Lmin⁻¹ at 100 kPa pressure. The lowest application surface was 1.16 m, provided by nozzle 80-EF-015 at 100 kPa pressure, and the highest was 1.60 m, using nozzles 80-EF-03. The spraying bar, combined with the protective device, allowed the application of the liquid on both sides of the crop, simultaneously, showing an efficacy higher than 98%. Protection against drift was found to be excellent, with no signs of herbicide intoxication being detected in the culture. The full equipment weighed 133 Kg, providing a theoretical operational capacity of 0.43 ha h⁻¹.

INTRODUÇÃO

Embora a importância relativa da cultura do café no Brasil tenha diminuído no contexto global das exportações, esta ainda representa importante fonte de divisas para o país, contribuindo, significativamente, com a fixação do homem no campo, gerando empregos e distribuindo rendas.

O Brasil possui cerca de 210 mil propriedades cafeeiras, correspondendo a 100 mil produtores, dos quais 70% são pequenos e médios. A cultura do café gera 1 milhão de empregos diretos e 3 milhões de empregos indiretos, sendo ainda responsável por 1.700 indústrias instaladas no país, 2.000 marcas de café, entre torrado e moído, 144 empresas exportadoras e cooperativas e US\$ 5 bilhões de receita anual (EMBRAPA, 2001).

O cafeeiro, como as demais culturas, é muito sensível à infestação por plantas daninhas, principalmente quando estas ultrapassam um determinado estágio de desenvolvimento. As plantas daninhas concorrem com a cultura por nutrientes, água e luz, podendo ainda exercer efeito alelopático e servir de hospedeiras para inúmeras pragas e doenças (SILVA et al., 1999).

A infestação por plantas daninhas, numa lavoura de café em fase de formação, pode provocar queda acentuada na produção até quatro anos após o plantio (BLANCO et al., 1982). Por esse motivo, torna-se importante a manutenção da cultura livre de plantas daninhas, visando a uma boa formação da lavoura.

Os herbicidas têm sido utilizados como medidas de controle de plantas daninhas, contribuindo com o aumento da produtividade na agricultura (VITORIA FILHO, 2000).

O aumento substancial no uso de herbicidas tem sido uma tendência crescente, como estratégia para compensar as deficiências do controle mecânico (FELTON et al., 1991). No entanto, manejar plantas daninhas na linha de plantio do café não é tarefa fácil, pois o controle manual é dispendioso e o controle químico carece de produtos seletivos para uso na fase de formação da cultura, bem como de tecnologias adequadas à aplicação de herbicidas não-seletivos (RONCHI et al., 2001).

Alguns produtores usam herbicidas não-seletivos como o *glifosate*, *paraquat* e *2, 4-D*, dirigidos à linha de plantio. Entretanto, a aplicação desses herbicidas próximo ao caule do cafeeiro jovem pode causar fitotoxicidade por causa da deriva. RONCHI et al. (1999a, 1999b) observaram em campo que, quando esses herbicidas atingiram apenas as folhas mais baixas da cultura, a taxa de injúria na planta chegou a 90%, evidenciando o alto risco desse tipo de aplicação sem tecnologia adequada.

De maneira geral, tem-se dado grande importância ao princípio ativo utilizado e pouca às técnicas de aplicação e equipamentos. Isto provoca menor eficácia do controle e induz recomendação de doses superiores às necessárias, com conseqüente aumento dos custos de produção e do impacto ambiental. Torna-se importante a recomendação de “programas de tratamentos” em função da flora e situação geográfica do cultivo, de maneira a minimizar o custo de aplicação e garantir a eficácia. (TEIXEIRA, 1997).

O controle químico de plantas daninhas é um dos fatores de maior custo no processo produtivo e seu mau uso representa um risco potencial ao meio ambiente com contaminação das águas subterrâneas e superficiais (ZHANG e CHAISATTAPAGON, 1995).

A busca de alternativas para reduzir a quantidade de defensivos aplicados e o impacto sobre o meio ambiente torna-se cada vez mais importante no contexto mundial. CHANCELLOR e GORONEA (1993) e TIAN et al. (1999) estudaram a variabilidade espacial das plantas daninhas, com o objetivo de reduzir a quantidade de herbicidas aplicados e o impacto sobre o meio ambiente. Esses autores mostraram a possibilidade de diminuir o volume aplicado pela aplicação localizada de herbicidas, mantendo a eficácia e diminuindo custos, mostrando a importância de se ter alvos específicos definidos para as aplicações.

A segurança do operador é outro problema existente na aplicação de defensivos agrícolas, pois, segundo VICENTE et al. (1999), mais de 80% dos pulverizadores em utilização são costais ou semi-estacionários. Nesses equipamentos, a possibilidade de

exposição do operador à calda de pulverização é bastante acentuada, principalmente em função da proximidade deste com o bico de pulverização.

Quando se aplicam produtos para proteger plantas, há sempre chance de que parte do produto escape do alvo, gerando a deriva e resultando em uma aplicação ineficiente (WOLF et al., 1999). A deriva não pode ser totalmente eliminada, porém, pode ser controlada pela adequada seleção do equipamento de pulverização.

Alguns fatores influenciam diretamente a deriva. Dentre eles, o mais importante é o tamanho das gotas, seguido da velocidade do vento, altura da barra, umidade relativa e, por fim, o volume de aplicação (SMITH et al., 2000). Outro aspecto importante a se considerar é o espectro de gotas, que, segundo WOMAC et al. (1999), é determinado pelo tipo de bicos, vazão nominal, ângulo de descarga, pressão de operação e característica do líquido aplicado. Além disso, os coadjuvantes adicionados nas formulações influenciam consideravelmente o tamanho das gotas de pulverização (ZHU et al., 1997).

É de fundamental importância que surjam novas alternativas em equipamentos de pulverização, e que esses venham a atender às necessidades dos pequenos agricultores, principalmente para as lavouras de café cultivadas em regiões montanhosas, e que permitam a distribuição do herbicida de maneira a alcançar a maior eficácia sem, entretanto, causar sérios prejuízos aos agroecossistemas.

O sucesso de um tratamento fitossanitário depende fundamentalmente da utilização de produtos de eficácia comprovada e de uma tecnologia específica de aplicação, onde a máquina torna-se o principal fator. Devem-se ainda considerar as necessidades e a estrutura sócio-econômica dos cafeicultores.

Dada a importância da cultura do café para o País, o alto grau de interferência que as plantas daninhas exercem sobre essa cultura, principalmente na fase de formação, e a dificuldade para se manter limpa a cultura, este trabalho objetiva desenvolver e avaliar um pulverizador hidráulico para aplicação de herbicidas não-seletivos em lavoura de café em formação em região montanhosa.

O trabalho está estruturado nos três artigos apresentados a seguir, e formatado de acordo com recomendações da AGRIAMBI – Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCO, H. G., OLIVEIRA, D. A., PUPO, E. I. H. Período de competição de uma comunidade de mato em uma cultura de café em formação. **O Biológico**, Instituto Biológico, São Paulo. n. 48 (1): p. 9-20, 1982.

CHANCELLOR, W. J., GORONEA, M.A. Effects of spatial variability of nitrogen, moisture, and weeds on the advantages of site-specific application for wheat. **Transactions of the ASAE**. ASAE, St. Joseph, Michigan. v. 37, n. 3, p. 717-724, 1993.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **Café** – 03/09/2001 – <http://www.cnpdia.embrapa.br/cafe.html>. 2001.

FELTON, W. L., DOSS, A. F., NASH, P. G., MCCLOY, k. R. A microprocessor controlled technology to selectively spot spray weeds. Proceedings of the Automated. In: **Agricultural for the 21st Century Symposium**, Chicago, IL. p. 427-432, 1991.

RONCHI, C.P., SILVA, A.A., FERREIRA, L.R. Efeito dos bicos Turbo Floodjet e Espuma na eficácia e seletividade do glifosato em aplicação dirigida na linha de café (*Coffea arabica* L.) com um ano de idade. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, 1999, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: UFV, 1999a. p.225.

RONCHI, C.P., SILVA, A.A., FERREIRA, L.R., MELO, H.B. Efeito da deriva simulada de diversos herbicidas sobre mudas de café (*Coffea arabica* L.) com nove meses de idade a campo. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, 1999, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG:UFV, 1999b. p.229.

RONCHI, C.P., SILVA, A.A., FERREIRA, L.R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Suprema Gráfica e Editora. Viçosa-MG. 2001. 94p.

SILVA, A.A., SILVA, J.F., FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R., OLIVEIRA JUNIOR, R.S., VARGAS, L. **Manejo de plantas daninhas**. Universidade Federal de Viçosa – Viçosa-MG. 1999. 209p.

SMITH, L.A., MULROONEY, J.E., ELMORE, C.D. **Experimental design and sampling techniques for effective evaluation of spray drift**. In: 2000 ASAE Annual International Meeting, Milwaukee. ASAE, St. Joseph, Michigan. 2000. (Paper nº 001029 – CD-Rom).

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. Madrid – Universidad Politécnica de Madrid. (Tesis Doctoral). 1997. 310p.

TIAN, J., REID, J. F., HUMMEL, J. W. Development of a precision sprayer for site-specific weed management. **Transactions of the ASAE**. ASAE, St. Joseph, Michigan. v. 42, n 4 p. 893-900. 1999.

VICENTE, M.C.M., COELHO, P.J., LOPES JUNIOR, A. Programa de Segurança e Saúde do Trabalhador Rural – **Banco de Dados**. São Paulo, SP, 1999 (CD Rom).

VITORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas, In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado de doenças, pragas e plantas daninhas**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. P. 349-363.

WOLF, R.E., GARDISSER, D.R., WILLIAMS, W.L. **Espray droplet analysis of air induction nozzles using WRK dropletScan™ technology**. In: 1999 ASAE Annual International Meeting, Toronto. ASAE, St. Joseph, Michigan. 1999. (Paper n. 991026 CD-Rom).

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

ZHANG, N., CHAISATTAPAGON, C. Effective criteria for weed identification in wheat fields using machine vision. **Transactions of the ASAE**. ASAE, St. Joseph, Michigan. v. 38, n. 3, p. 965-974. 1995.

ZHU, H., DEXTER, R.W., FOX, R.D., REICHARD, D.L., BRAZEE, R.D., OZKAN, H.E. Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v.67, p.35-45, 1997.

Desenvolvimento de um pulverizador hidráulico para aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação

Resumo: A falta de equipamentos adequados à aplicação de herbicidas não-seletivos em lavouras de café em formação tem causado sérios danos à cultura. Dessa forma, este trabalho objetivou construir um pulverizador de transporte animal para aplicação de herbicidas em lavouras de café, em formação. Foram avaliados cinco bicos hidráulicos de jato plano tipo leque de distribuição uniforme (80-EF-015, 80-EF-02 e 80-EF-03) e avaliada a distribuição volumétrica do líquido proporcionada individualmente por cada bico, utilizando-se uma barra de pulverização localizada a 0,3, 0,4 e 0,5 m de altura e pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste t, a 5% de probabilidade. As pressões entre 200 e 300 kPa e alturas entre 0,4 e 0,5 m apresentaram a melhor uniformidade de distribuição do líquido. A melhor uniformidade de distribuição volumétrica proporcionada pela barra a 0,4 m de altura com os bicos colocados aos pares, foi conseguida com os bicos 80-EF-02, trabalhando na pressão de 400 kPa, proporcionando um CV de 18%. A vazão máxima estimada da bomba foi de 3,94 L m⁻¹ à pressão de 100 kPa. A barra de pulverização, juntamente com o dispositivo protetor, possibilitou a aplicação da calda nas duas laterais do cafeeiro, simultaneamente.

Palavras-chave: café de montanhas, transporte animal, deriva

Development of a hydraulic sprayer for herbicide application on initial-stadium coffee crops

Abstract: The lack of adequate equipment for the application of non-selective herbicides on young coffee crops has caused serious damages to the culture. Thus, this work aimed to design and build an animal-transported herbicide sprayer for this purpose. Five fan-type nozzles, of uniform distribution (80-EF-015, 80-EF-02 and 80-EF-03) were evaluated, as well as the volumetric distribution of the liquid provided individually by each nozzle by using a spraying bar, 0.3, 0.4 and 0.5 m high and at

pressures of 100, 200, 300 and 400 kPa, respectively. The results were submitted to variance analysis and test at 5% probability. The pressures between 200 and 300 kPa and heights between 0.4 and 0.5 m showed the best liquid distribution uniformity. The best volumetric distribution uniformity provided by the bar at a height of 0.4 m, with paired nozzles, was accomplished with nozzles 80-EF02, at a pressure of 400 kPa, providing a CV of 18%. The maximum estimated flow of the pump was 3.94 L min^{-1} , at a pressure of 100 kPa. The spraying bar, along with the protective device allowed to apply liquid on both sides of the plantation, simultaneously.

Keywords: mountain coffee, animal-transported, drift.

INTRODUÇÃO

O termo tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Portanto, entende-se por tecnologia de aplicação de agrotóxicos o emprego de todos os conhecimentos científicos (engenharia, química, agronomia, climatologia, biologia etc.) que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação ambiental (Matuo et al., 2001).

O agente de controle deve exercer a sua ação sobre determinado organismo que se deseja controlar, portanto, qualquer quantidade de produto químico que não atinja o alvo não terá qualquer eficácia e estará representando uma forma de perda (Ramos, 2001). 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 informações em torno da tecnologia de aplicação (Cunha & Teixeira, 2001).

Muitas vezes, a tecnologia aplicada é eficaz, porém, poderiam ser obtidos os mesmos resultados, utilizando-se melhor tecnologia e equipamentos, uma vez que se encontra, na prática, o emprego de doses de defensivos muito superiores às requeridas (Fernandes, 1997).

A busca de maior eficiência dos equipamentos, com conseqüente diminuição dos custos com as aplicações, tem mostrado uma tendência de os agricultores diminuírem os volumes de calda aplicada (Silva, 1999). No entanto, o volume aplicado deve ser o mais uniforme possível, sob pena de exigirem aplicações adicionais para compensar os

pontos ou faixas que receberam quantidades menores (Perecin et al., 1998). Além disso, mais importante que o volume aplicado é a quantidade e a forma de distribuição do líquido que irá atingir o alvo.

Atualmente, os equipamentos e as máquinas agrícolas motomecanizadas possuem uma tecnologia que os tornam praticamente inacessíveis ao pequeno produtor rural, principalmente em razão dos altos preços para a sua aquisição. Segundo Vicente et al. (1999), mais de 80% dos pulverizadores em utilização são costais ou estacionários. Esses equipamentos são de uso geral e normalmente não são projetados para atividades específicas, como aplicação de herbicidas na cultura do café. Isso faz com que se tornem, na maioria das vezes, impróprios e inseguros tanto para o operador, como para a cultura e para o ambiente, apresentando baixa capacidade operacional.

A capacidade operacional de um pulverizador depende de vários fatores, no entanto, o que mais contribui para o baixo rendimento operacional das aplicações é o modo de caminhamento do aplicador. Geralmente, observa-se, na prática, que o aplicador, ao tentar pulverizar toda a extensão entre as linhas de plantio (independente da largura desta) com apenas uma passada, o faz sem um critério, movendo a barra lateralmente em “zigzag”, o que normalmente proporciona um alto consumo de água com gasto excessivo de herbicidas, proporcionando aplicações desuniformes com regiões sem controle e outras com super dosagens. Em se tratando de plantas jovens, a possibilidade de contaminação pela deriva é maior em função do direcionamento do jato em relação à planta (Ronchi et al., 2001).

Para aumentar a segurança nas aplicações, é importante que o equipamento possibilite ao operador valer-se de parâmetros operacionais. O deslocamento deve ser feito no sentido longitudinal da linha de plantio, à velocidade constante, e posicionando-se o jato de pulverização transversal ao sentido do deslocamento. A largura da barra deve ser adequada ao espaçamento, proporcionando a faixa de pulverização desejada com apenas uma passada. É fundamental que a barra mantenha a altura de trabalho o mais uniforme possível durante as aplicações, e possibilite ajustes de acordo com o tamanho das plantas de café, para que a distribuição da calda herbicida seja feita de maneira uniforme no sentido longitudinal e perpendicular ao caminhamento.

É de fundamental importância que surjam novas alternativas em equipamentos de pulverização que venham a atender às necessidades dos pequenos agricultores, principalmente para regiões de difícil locomoção, como as lavouras de café cultivadas em regiões montanhosas.

Segundo Righi, citado por Silva (1984), nos primeiros trabalhos nessa área, um pulverizador costal foi adaptado à sela de um animal e o defensivo era aplicado por uma armação que sustentava os bicos. Outro equipamento, citado pelo mesmo autor, é uma carroça, dotada de um tambor e de uma barra para o suporte dos bicos. O defensivo era aplicado sob pressão, fornecida por bombas de pistão acionadas pelas rodas do veículo. Ambos os equipamentos foram testados e apresentaram alta capacidade operacional, satisfazendo as necessidades presentes.

No mercado, o que se encontra são adaptações que utilizam o animal como veículo de transporte da calda para o abastecimento do pulverizador costal transportado pelo homem. As pulverizações são realizadas sem nenhum parâmetro técnico, dada a simplicidade dos equipamentos.

O desenvolvimento de pulverizadores para aplicação de herbicidas deve levar em conta todas as partes do equipamento. Assim, a barra de pulverização deve permitir ajustes adequados às necessidades da cultura, a bomba deve proporcionar vazão suficiente para garantir o volume de aplicação desejado, e os bicos devem garantir uma boa distribuição da calda.

Os bicos de pulverização devem ser cuidadosamente selecionados para cada operação, pois são eles os responsáveis pela fragmentação do líquido em gotas, por distribuí-las na área e controlar a vazão (Sidahmed, 1998). O mercado oferece vários tipos de bicos, fabricados com os mais variados tipos de materiais, entre eles: aço inoxidável, latão, nylon, cerâmica, kematal, entre outros (Ozkan et al., 1992). Segundo Womac et al. (1999), tipo de bico, vazão nominal, ângulo de descarga, pressão de operação e características do líquido de aplicação são fatores que determinam o espectro da população de gotas. Nesse contexto, torna-se importante o estudo mais detalhado desses parâmetros.

Segundo Barthelemy et al. (1990), para uma boa aplicação de herbicidas em pós-emergência, o número mínimo de gotas deve situar-se entre 30 e 40 por cm^2 e o diâmetro da mediana volumétrica entre 200 e 600 μm . O número de gotas por unidade de superfície indica a quantidade de impactos sobre o alvo e constitui um parâmetro importante para avaliar a homogeneidade de cobertura (Teixeira, 1997).

De maneira geral, tem-se dado grande importância ao princípio ativo utilizado, e pouca às técnicas de aplicação e equipamentos. Isto resulta em menor eficácia do controle e induz a recomendações de doses superiores às necessárias, com conseqüente aumento dos custos de produção e do impacto ambiental. Torna-se importante a

recomendação de “programas de tratamentos” em função da flora e situação geográfica do cultivo, para minimizar o custo de aplicação e garantir a eficácia (Teixeira, 1997).

O sucesso do tratamento fitossanitário depende fundamentalmente da utilização de produtos de eficácia comprovada e de tecnologia específica de aplicação, onde a máquina se torna o principal fator. Devem-se ainda considerar as necessidades e a estrutura sócio-econômica dos cafeicultores.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo construir um pulverizador para aplicação de herbicidas em lavoura de café, em formação, construir uma barra portabicos para o referido pulverizador, de forma a permitir a aplicação de herbicidas não-seletivos na faixa de plantio do café, dos dois lados, simultaneamente, oferecendo proteção à planta de café e, finalmente, testar um conjunto de bicos apropriados a esse fim.

MATERIAL E MÉTODOS

O pulverizador hidráulico foi construído no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, sendo constituído das seguintes partes: dois tanques de PVC para depósito da calda, uma bomba, uma barra de pulverização, um dispositivo protetor contra deriva e um suporte tipo arreo. O pulverizador foi construído para trabalhar com bicos tipo leque de distribuição uniforme.

Bicos hidráulicos

Dentre todos os componentes dos pulverizadores, os bicos são os que sobressaem, dada a sua grande importância na qualidade dos tratamentos com produtos fitossanitários. São os responsáveis pela divisão do líquido em gotas para facilitar a distribuição.

Os bicos hidráulicos escolhidos foram da série 80 EF (Even Fan), fabricados em kematal, plástico de alta resistência e estabilidade que, segundo o fabricante, são de jato plano, tipo leque, de distribuição uniforme, recomendados para aplicações em faixas individuais, formando jatos de 80°, com um perfil de pulverização retangular e estreito, com distribuição uniforme ao longo de toda a faixa de pulverização.

Foram avaliados 5 bicos de cada especificação 80-EF-015, 80-EF-02 e 80-EF-03. Esses bicos, de acordo com o fabricante, apresentam características de vazões conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Vazão proporcionada pelos bicos em função da pressão de trabalho

Especificação do bico	Pressão (kPa)								
	300	375	450	525	600	675	750	825	900
Vazão (L min ⁻¹)									
80-EF-015	0,42	0,46	0,51	0,55	0,59	0,61	0,64	0,66	0,71
80-EF-02	0,56	0,61	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86	0,89	0,94
80-EF-03	0,86	0,95	1,05	1,13	1,19	1,25	1,33	1,38	1,46

Fonte: Boletim técnico Jacto

O estudo da repetitividade da vazão dos bicos teve como objetivo verificar se os mesmos apresentavam características técnicas similares de vazão. Para isso, foram utilizados cinco bicos de cada série e ensaiados utilizando uma mesa de distribuição padronizada, com os bicos colocados individualmente no centro da barra. O líquido pulverizado, em 60 segundos, nas pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa, foi coletado em provetas de 2.000 ml, com resolução de 10 ml. A operação foi repetida cinco vezes para cada bico, sendo determinadas a média das vazões para cada bico. Análises de intervalo de confiança dos valores foram realizadas, utilizando-se o programa de análises estatísticas SAEG, versão 8.0.

A caracterização dos bicos para os ensaios foi feita, enumerando-os de forma a permitir a sua identificação. Um delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcelas subsubdivididas, foi montado com objetivo de avaliar o coeficiente de variação da distribuição volumétrica do líquido. Os bicos previamente enumerados foram colocados individualmente na barra de pulverização sobre uma mesa de ensaios, padronizada de acordo com a norma ISO 5682/1 (ISO, 1986). Durante 60 segundos, coletou-se o volume do líquido em provetas distribuídas ao longo da faixa de deposição e mediu-se a faixa atingida pelo jato. A barra foi fixada para permitir que os bicos trabalhassem nas alturas de 0,3, 0,4 e 0,5 m em relação à superfície coletora da bancada de ensaios, variando-se as pressões em 100, 200, 300 e 400 kPa para cada altura. Os ensaios foram repetidos cinco vezes.

O perfil de distribuição para cada série de bicos foi determinado em função da média da distribuição volumétrica dos cinco bicos estudados. Em seguida, foram traçados os gráficos de posição da proveta coletora versus volume acumulado, obtendo-se, assim, o perfil de distribuição médio do líquido para cada série de bicos.

A uniformidade da distribuição volumétrica do líquido foi determinada para cada bico individualmente, nas posições e pressões já mencionadas. Coletou-se o líquido pulverizado ao longo da faixa de aplicação em provetas, determinando-se o coeficiente de variação da distribuição volumétrica (CV), dividindo-se o desvio-padrão dos valores obtidos nas provetas pela média desses valores. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de metodologia de superfície de resposta, utilizando o teste t, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional SAEG, versão 8.0.

A faixa de deposição do líquido pulverizado foi estudada com o objetivo de verificar a faixa de aplicação individual que cada bico da série pode proporcionar e o melhor distanciamento entre estes na barra, uma vez que, segundo o fabricante, os jatos não devem se cruzar. A determinação das faixas de deposição foi feita através de ensaios conduzidos na mesa de ensaios, utilizando-se um bico instalado individualmente no centro da mesa, medindo-se a faixa de deposição individual nas pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa nas alturas de 0,3, 0,4 e 0,5 m, em relação à superfície coletora, repetindo-se a operação três vezes.

Depósito

O depósito para a calda consistia de dois recipientes de PVC com capacidade individual de 50 L. Os dois tanques foram interligados, usando-se uma mangueira de PVC de 13 mm de diâmetro, e conectada a uma junção tipo “T” para alimentação da bomba. Essa interligação teve como objetivo permitir que o líquido fosse bombeado simultaneamente dos dois reservatórios, permitindo manter volumes equivalentes nos mesmos. A mangueira para interligar os tanques foi posicionada para passar sob o pescoço do animal, na altura do peito. Nas extremidades da mangueira, foi montado um dispositivo de engate rápido, para permitir a acoplagem, evitando vazamentos.

As duas aberturas superiores dos tanques foram interligadas através de uma conexão tipo “T”, para receber o líquido do retorno do conjunto regulador de pressão e, através deste, promover a agitação hidráulica da calda nos reservatórios. Na parte

superior de cada reservatório, foi fixada uma válvula de diafragma para permitir a entrada de ar e impedir retorno do líquido, evitando a formação de pressão negativa no interior dos mesmos, durante o bombeamento.

A determinação da capacidade dos tanques foi feita, medindo-se o volume total de água em cada tanque na posição vertical e na posição horizontal, sendo esta última a posição de trabalho. O processo foi repetido três vezes.

Bomba hidráulica

A bomba utilizada foi de diafragma, marca Flojet, com vazão máxima de $5,7 \text{ L min}^{-1}$ e pressão máxima de trabalho de 480 kPa, alimentada por uma bateria de 12 V e 40 Ah, correspondendo a uma potência nominal de 84 W, conforme catálogo do fabricante.

Um experimento foi conduzido com a finalidade de se determinar a energia necessária para o acionamento da bomba e a vazão proporcionada por diferentes pressões (100, 200, 300, 400 e 500 kPa), segundo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Para medir a energia demandada pela bomba, utilizou-se de um amperímetro, com escala de zero a dez amperes com resolução de 0,01 Ah, ligado à bateria. A pressão do líquido foi controlada pela válvula do conjunto regulador de pressão, alterando o volume do líquido retornado. Para melhor controle da pressão e da vazão, a mangueira de saída para a barra de pulverização foi totalmente obstruída, sendo todo o fluxo do líquido direcionado para o retorno, evitando interferência dos bicos, permitindo, dessa forma, que a bomba desenvolvesse a pressão máxima. Ao conjunto controlador de pressão foi acoplado um manômetro com escala de zero a 1.000 kPa, com resolução de 10 kPa, previamente calibrado.

A vazão foi determinada, medindo-se o líquido bombeado durante 60 segundos e a demanda de energia foi determinada utilizando-se um amperímetro colocado próximo à bomba. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, sendo os modelos escolhidos com base no coeficiente de regressão e o teste t a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa de análises estatísticas SAEG, versão 8.0.

Barra de pulverização

A barra de pulverização foi construída para permitir a instalação de dois bicos e variar a distância entre estes possibilitando a aplicação do herbicida de maneira

uniforme, ao longo da faixa de plantio. A barra foi construída, utilizando-se um tubo de metal amarelo com 0,5 m de comprimento e 0,01 m de diâmetro externo. Para o alongamento da barra, foram utilizados dois fragmentos de tubos de alumínio de diâmetro interno de 0,01 m e diâmetro externo de 0,013 m, e 0,25 m de comprimento, de forma a permitir um perfeito acoplamento entre as partes, formando-se um sistema telescópico, permitindo distanciamentos variáveis entre os bicos.

A barra de pulverização foi acoplada a uma lança de 1,45 m, para proporcionar ao operador mais segurança e comodidade. Um contra-peso de 1,7 kg foi fixado na extremidade oposta da lança, para permitir melhor distribuição do peso. O conjunto barra-lança é sustentado por uma alça ajustável, acoplada no seu centro de gravidade, passando sobre o ombro do operador.

Um interruptor elétrico foi fixado à lança, próximo ao punho do operador, para permitir ligar e desligar a bomba hidráulica.

Os bicos foram colocados aos pares na barra de pulverização do equipamento e submetidos a ensaios de distribuição volumétrica, visando determinar o coeficiente de variação da distribuição volumétrica do conjunto dos bicos e a distância entre os bicos ideais para trabalho. Assim, foi conduzido um experimento fatorial de 4 x 3 (3 conjuntos de bicos e 4 pressões), no delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. A barra de pulverização do equipamento foi fixada na mesa de ensaios a 0,4 m da superfície coletora por ser esta a altura de trabalho para a qual a barra foi projetada. Durante 60 segundos, mediu-se o líquido recolhido nas provetas distribuídas ao longo da faixa de deposição, nas pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa. Para cada pressão trabalhada e para cada conjunto de bicos, ajustou-se a distância entre eles, permitindo a cobertura de toda a superfície, sem que houvesse sobreposição do jato.

Dispositivo protetor

O dispositivo protetor contra a deriva foi feito a partir de uma lâmina de chapa galvanizada nº 26 (0,45 mm de espessura), cortada e dobrada, tendo as bordas soldadas formando uma canaleta, por onde deve fluir o jato da pulverização. Esse dispositivo deverá passar sob os ramos do cafeeiro, protegendo-os do contato com a calda pulverizada.

O dispositivo protetor foi fixado à barra de pulverização, formando, com esta, um ângulo de 50°, permitindo, dessa forma, que o líquido pulverizado deslocasse dentro

da canaleta desse dispositivo sem atingi-lo, ajustando ao ângulo formado pelo jato. Para diminuir a vibração da barra, foram utilizadas duas hastes metálicas com 0,4 m de comprimento, prendendo-as a um terceiro ponto da lança de pulverização.

O ângulo das lâminas em relação à barra, o comprimento destas e a distância de fixação entre elas foram calculados para permitir que estas sejam deslocadas a 0,02 m do solo, com uma abertura entre as suas extremidades de 0,03 m, por onde deverá passar o tronco do cafeeiro, servindo ainda de referência da altura dos bicos até o solo. Os bicos deverão trabalhar a uma altura aproximada de 0,4 m do solo, considerada a altura ideal, tendo-se em vista o desenvolvimento do cafeeiro.

Estrutura de suporte do equipamento

O suporte para o equipamento foi construído, utilizando-se quatro barras de ferro chato de 25,4 mm de largura, 4,8 mm de espessura e 900 mm de comprimento. As chapas de ferro foram soldadas aos pares, a uma distância de 0,4 m, utilizando-se distanciadores do mesmo material. Os pares de barras foram soldados tomando a conformação de um arreo. Na parte interna, foi soldada uma chapa galvanizada nº 20 (0,9 mm de espessura), com 0,4 m de largura e 1,0 m de comprimento para acompanhar a curvatura do dorso do animal. As barras foram dobradas para permitir um perfeito encaixe dos tanques no suporte.

Os tanques foram presos ao suporte e fixados por meio de fitas metálicas de 0,03 m de largura, permitindo a remoção e colocação destes.

Na parte superior do suporte, foram fixadas duas plataformas de chapa, nº 20 (0,9 mm de espessura), com 0,4 m de comprimento e 0,2 m de largura para a instalação da bomba e da bateria.

O esquema do protótipo do pulverizador é apresentado na Figura 1.

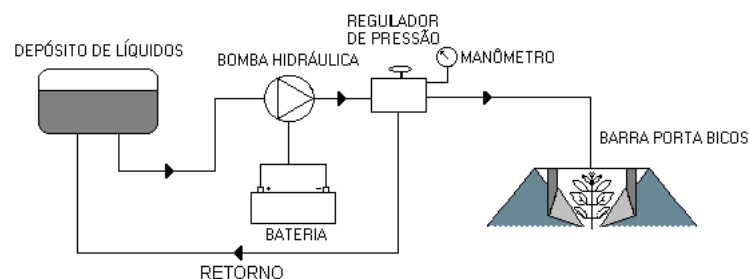


Figura 1. Esquema do protótipo do pulverizador para aplicação de herbicidas.

Agitador da calda

A agitação da calda foi feita pela ação do retorno do líquido bombeado. A determinação do volume retornado e do volume direcionado para a barra de pulverização foi feita com o equipamento trabalhando nas pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa, utilizando dois bicos de vazão nominal idêntica de cada vez, repetindo os ensaios para os bicos de todas as vazões nominais estudadas. Os volumes foram coletados durante 60 segundos, sendo os resultados de três repetições apresentados em termos de média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

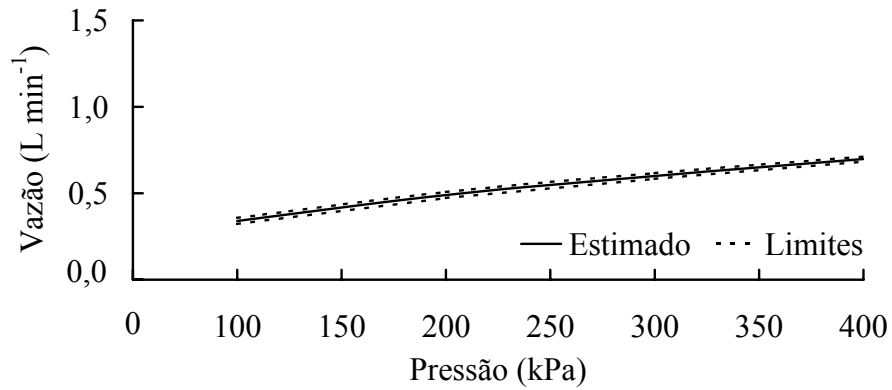
Bicos hidráulicos

Os bicos estudados apresentaram características próprias que os tornam bastante específicos, quanto à sua utilização.

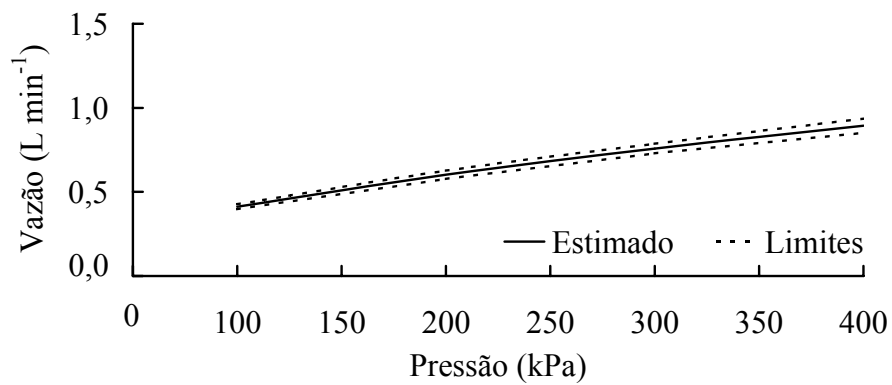
- **Repetitividade dos bicos**

Os ensaios de repetitividade tornam-se importantes para se assegurar de que uma determinada série de bicos apresenta vazões semelhantes para as mesmas pressões, não comprometendo os resultados dos ensaios posteriores.

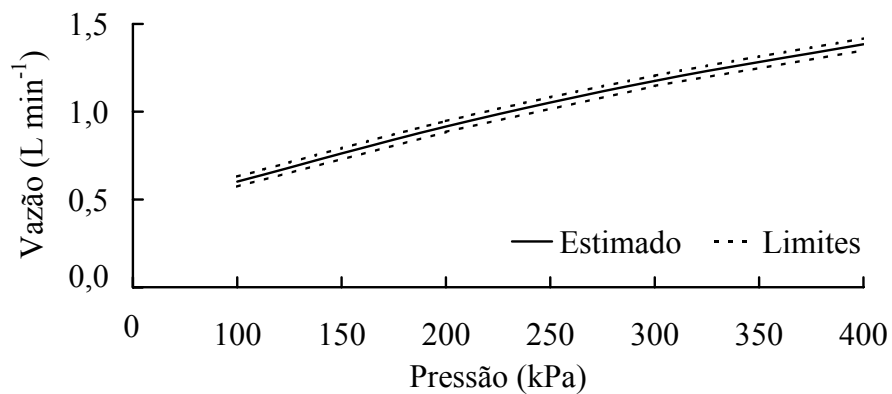
Observando-se as médias das vazões proporcionadas pelos bicos de uma mesma especificação, fixando-se as pressões, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, verifica-se que a série de bicos 80-EF-015 apresentou um desvio máximo de 3,38%, a série 80-EF-02 de 4,01% e a série 80-EF-03 de 27%. Os valores dos desvios obtidos permitem observar que a repetitividade foi boa, ficando os desvios abaixo de 4% (Figura 2).



(a)



(b)



(c)

Figura 2. Valores médios de vazão e desvios máximos para os bicos série 80-EF-015 (a), 80-EF-02 (b) e 80-EF-03 (c).

- **Perfil da distribuição volumétrica**

Os bicos, trabalhando isoladamente, apresentaram um perfil de distribuição volumétrico bastante característico, em função da pressão de trabalho e altura. Houve uma distribuição mais uniforme, quando se trabalhou a pressões de 300 e 400 kPa e alturas de 0,4 e 0,5 m, evidenciando que os bicos, sempre que possível, devem trabalhar

próximos desses parâmetros. A distribuição foi mais uniforme na parte central do jato, para todas as alturas e pressões estudadas, exceto para a pressão de 100 kPa. Esta pressão foi a que proporcionou a distribuição volumétrica mais irregular para todos os bicos e alturas ensaiados.

Observou-se maior desuniformidade próximo das extremidades dos jatos produzidos pelos bicos 80-EF-015 e 80-EF-03, com uma deposição de líquido superior aos valores observados na faixa central, seguido de uma diminuição brusca na parte final dos jatos.

Os bicos 80-EF-02 apresentaram uma distribuição volumétrica bastante diferente daquelas apresentadas pelos demais. Houve maior irregularidade de distribuição na parte central do jato; no entanto, não se observou excesso de deposição nas extremidades.

É de se esperar que a desuniformidade observada para todas as séries de bicos avaliadas venha influenciar de forma negativa a distribuição volumétrica, embora sejam caracterizados como bicos de distribuição uniforme e indicados para uso individual.

Os perfis de distribuição volumétrica das médias das vazões dos cinco bicos para cada altura e pressão estudadas são apresentados nas Figuras 3 a 11.

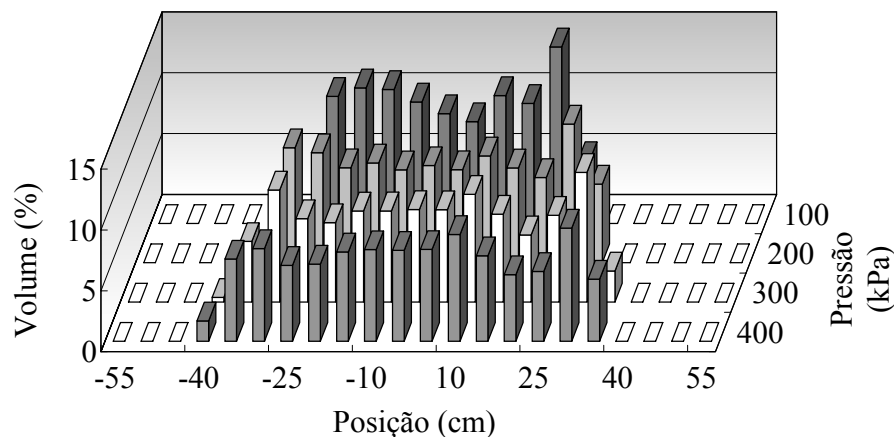


Figura 3. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-015 para altura de 0,3 m e diferentes pressões.

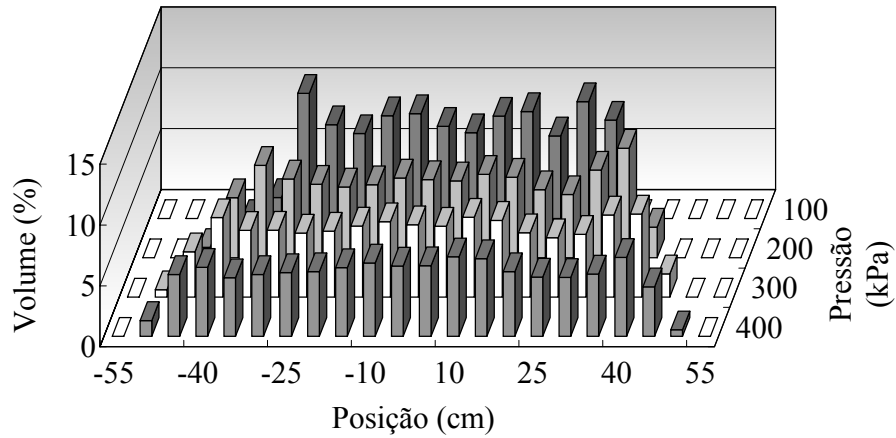


Figura 4. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-015 para altura de 0,4 m e diferentes pressões.

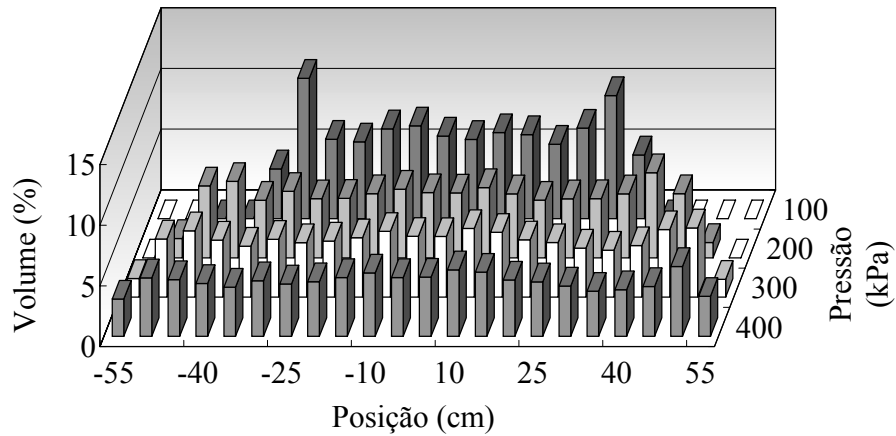


Figura 5. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-015 para altura de 0,5 m e diferentes pressões.

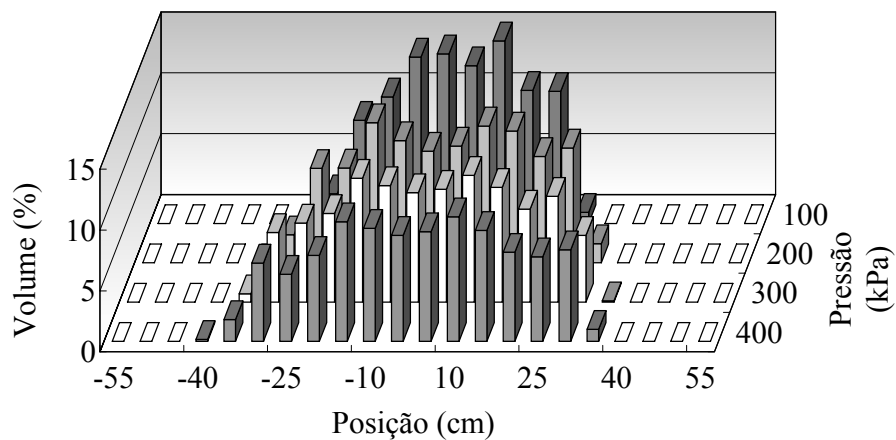


Figura 6. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-02 para altura de 0,3 m e diferentes pressões.

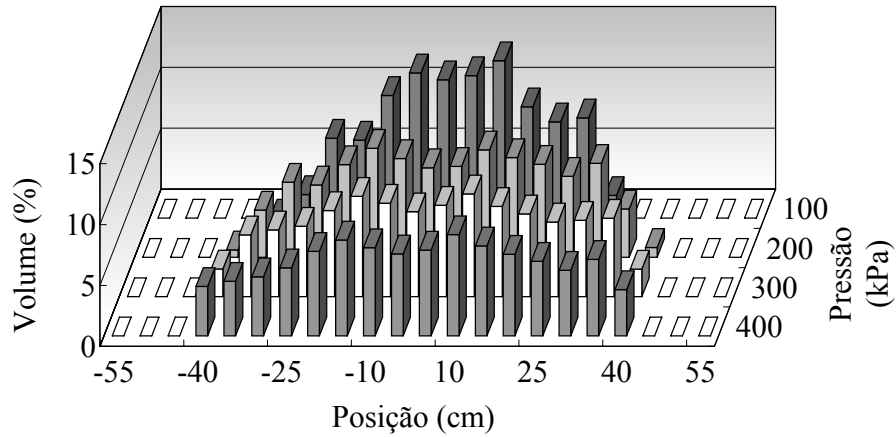


Figura 7. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-02 para altura de 0,4 m e diferentes pressões.

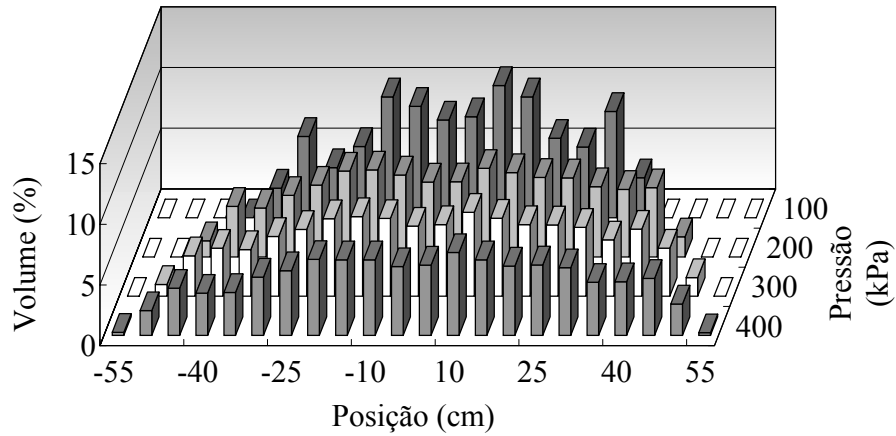


Figura 8. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-02 para altura de 0,5 m e diferentes pressões.

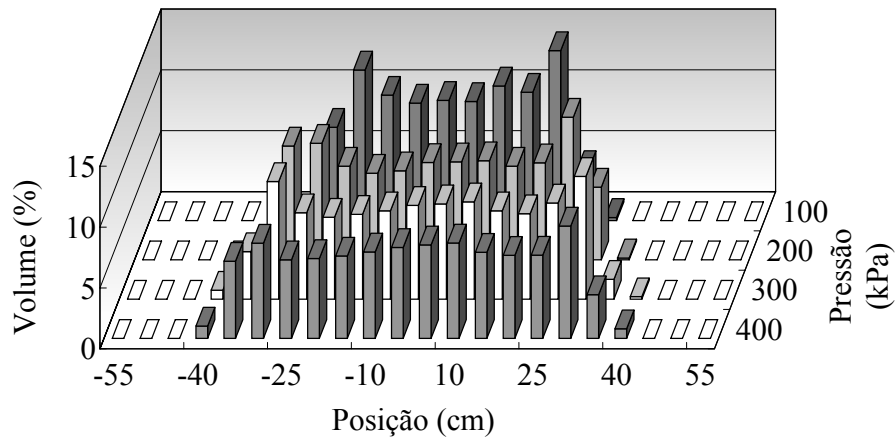


Figura 9. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-03 para altura de 0,3 m e diferentes pressões.

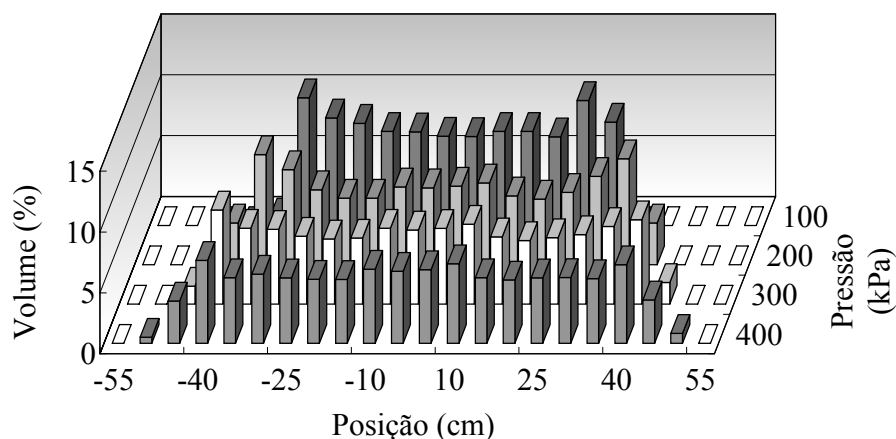


Figura 10. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-03 para altura de 0,4 m e diferentes pressões.

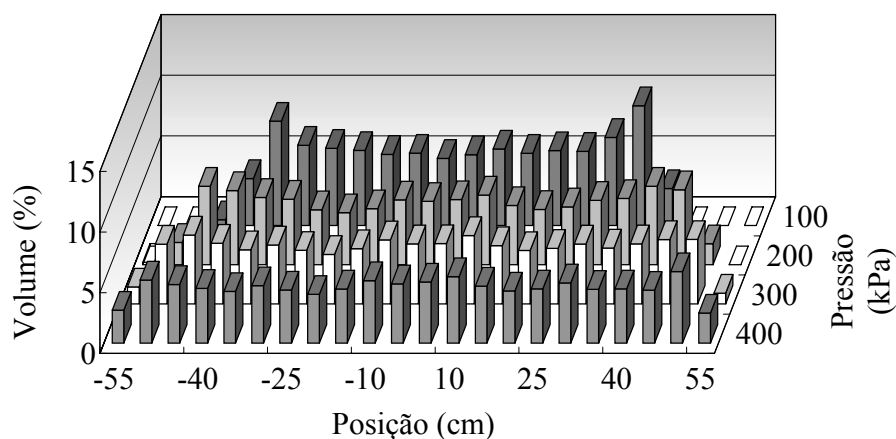


Figura 11. Perfil da distribuição volumétrica média dos bicos 80-EF-03 para altura de 0,5 m e a diferentes pressões.

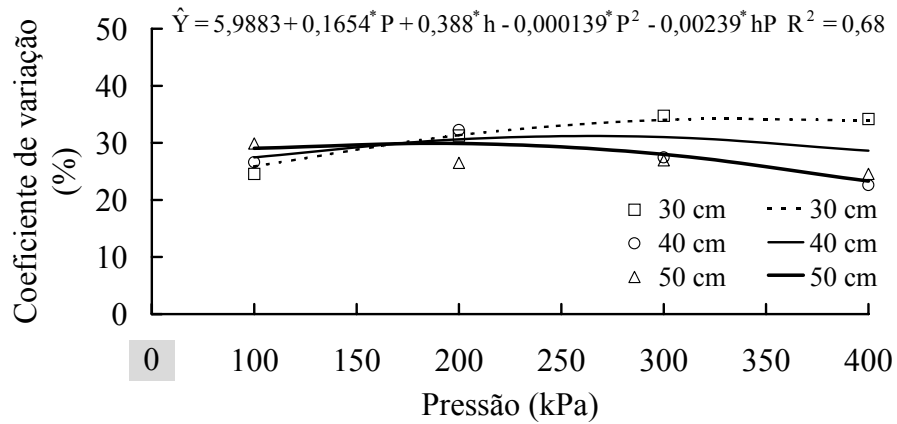
- **Uniformidade da distribuição volumétrica**

A uniformidade da distribuição volumétrica, medida pelos coeficientes de variação da distribuição volumétrica (CV), melhorou com o aumento da altura para todas as séries de bicos ensaiadas. As melhores distribuições foram obtidas nas pressões de 200 e 300 kPa, exceto para os bicos 80-EF-015 que apresentaram comportamento inverso, mostrando uma tendência de aumento do CV nas referidas pressões, conseqüentemente, comprometendo a distribuição.

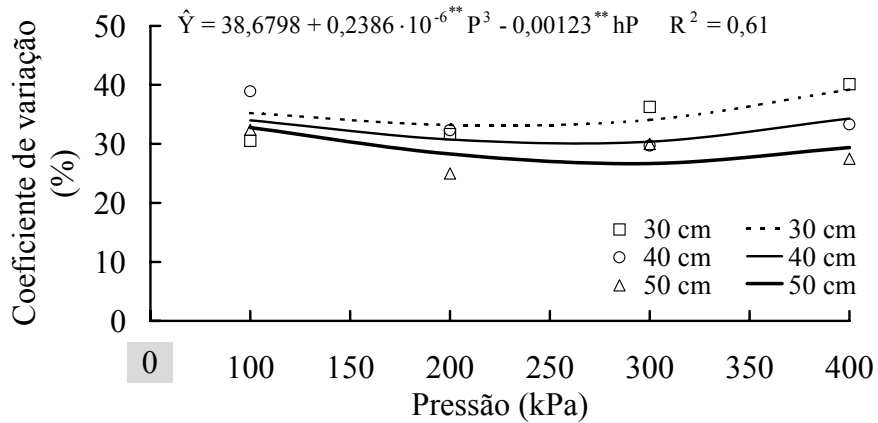
Todos os valores do CV situaram-se acima dos valores propostos pelo Comitê Europeu de Normalização que estabelece o limite máximo de 7%. Embora a norma seja estabelecida para um conjunto de bicos em uma barra de pulverização, os mesmos valores foram considerados indicados para uso individual, por se tratar de bicos de distribuição uniforme.

Durante os ensaios, foi observado que alguns bicos de uma mesma série apresentavam assimetria do jato, deslocando a faixa de deposição do centro, contribuindo para o aumento do CV.

Os valores referentes ao coeficiente de variação da distribuição volumétrica (CV) dos bicos, em função da pressão, são apresentados na Figura 12.

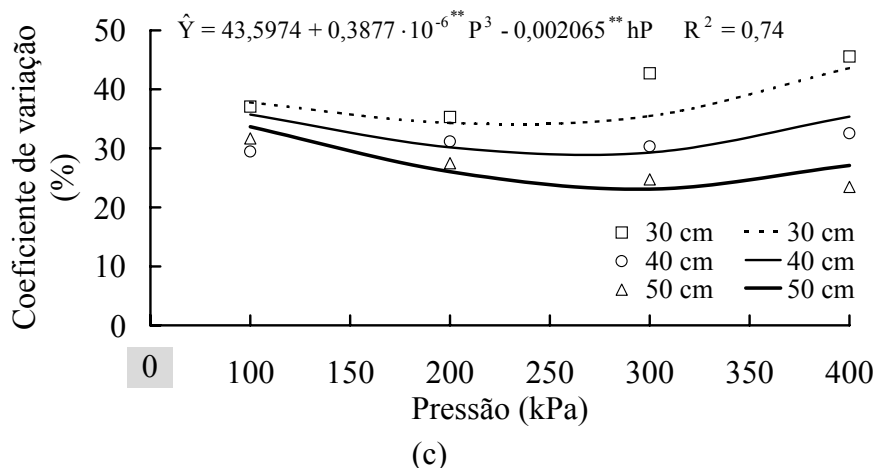


(a)



(b)

(Continua...)



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

Figura 12. Uniformidade de distribuição volumétrica em função da pressão (P) e diferentes alturas (h) para os bicos 80-EF-015 (a), 80-EF-02 (b) e 80-EF-03 (c).

• Faixa de deposição do líquido

A faixa de deposição para uma mesma altura alterou com a vazão nominal dos bicos e a pressão de trabalho, o que era de se esperar, mostrando a importância de se ter um equipamento que permita ajustar a distância entre os bico.

A menor faixa de deposição foi de 0,4 m, proporcionada pelo bico 80-EF-02 posicionado a 0,30 m de altura e a maior foi de 1,07 m proporcionada pelo bico 80-EF-03 posicionado a 0,5 m de altura.

A média da faixa de deposição para os bicos individuais de cada série, para as três alturas e quatro pressões ensaiadas, está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Faixa de deposição (m) proporcionada pelos bicos de diferentes vazões nominais em função da altura e pressão de trabalho

Bico (vazão nominal)	100 kPa			200 kPa			300 kPa			400 kPa		
	Altura (m)			Altura (m)			Altura (m)			Altura (m)		
	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5
80-015	0,53	0,58	0,66	0,58	0,76	0,88	0,65	0,81	0,99	0,69	0,86	1,03
80-02	0,40	0,48	0,63	0,51	0,65	0,78	0,57	0,72	0,87	0,60	0,76	0,93
80-03	0,44	0,60	0,77	0,58	0,72	0,96	0,64	0,81	1,02	0,67	0,88	1,08

Depósito

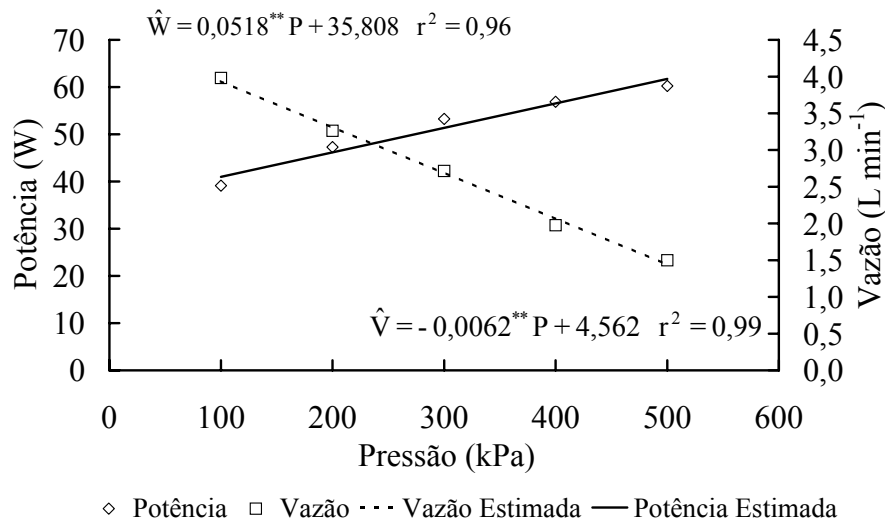
A capacidade total de cada tanque colocado na posição vertical foi de 50 litros. Quando estes foram colocados na posição horizontal, posição esta de trabalho, a capacidade foi de 44 litros até a abertura já existente que ficou posicionada na parte superior da lateral sendo esta utilizada para abastecimentos.

O líquido fluiu naturalmente de um tanque para outro através do vaso comunicante, mantendo os volumes equivalentes nos tanques, não havendo formação de pressão negativa no interior destes, quando o líquido foi bombeado, mostrando que as válvulas permitiram a entrada de ar nos tanques, mantendo a vazão sem que houvesse vazamento do líquido.

Bomba hidráulica

A bomba proporcionou uma vazão total de $3,94 \text{ L min}^{-1}$ à pressão de 100 kPa e $1,46 \text{ L min}^{-1}$ à pressão de 100 kPa e 500 kPa respectivamente. Quando a pressão ultrapassou 500 kPa a bomba acionou o mecanismo “by pass” e desligou automaticamente. A potência estimada variou de 40,99 W a 61,71 W para a pressão de 100 kPa e 500 kPa respectivamente.

Os valores da vazão e potência da bomba são apresentados na Figura 13.



** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t

Figura 13. Estimativa da vazão (V) e da potência exigida (W) em função da pressão de trabalho (P) da bomba.

Barra de pulverização

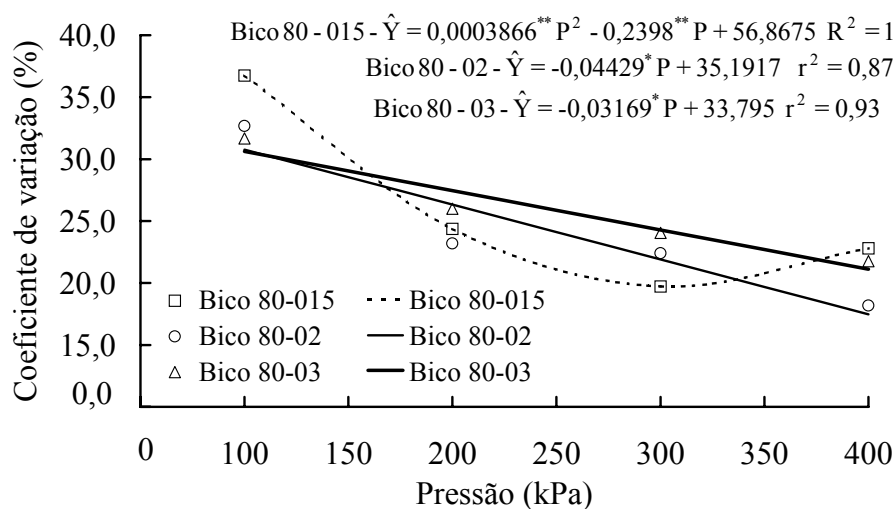
A barra de pulverização completa pesou 4,5 kg e proporcionou um distanciamento máximo entre bicos de 0,9 m e mínimo de 0,6 m. A distância entre a barra e o operador foi de 0,7 m e a altura de trabalho máxima foi de 0,45 m, com o dispositivo de proteção trabalhando a uma altura aproximada de 0,05 m do solo (Figura 15).

Quando colocados na barra de pulverização e submetidos a ensaios de laboratório, os bicos apresentaram perfis de distribuição bastante característicos, em função da pressão de trabalho e vazão nominal dos bicos utilizados. A faixa de deposição variou com a pressão e com os jogos de bicos, necessitando de um ajuste para cada pressão e vazão nominal, buscando-se a melhor distribuição volumétrica. A faixa total mínima foi de 1,16 m, proporcionada pelos bicos 80-EF-015 na pressão de 100 kPa, e a máxima de 1,60 m com os bicos 80-EF-03, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Influência da distância entre bicos e da pressão de trabalho sobre a uniformidade da distribuição volumétrica com a barra a 0,4 m de altura

Pressão (kPa)	Bicos (vazão nominal)					
	80-015		80-02		80-03	
	Distância (m)	CV (%)	Distância (m)	CV(%)	Distância (m)	CV (%)
100	0,58	36,7	0,63	32,6	0,65	31,5
200	0,70	24,3	0,66	23,1	0,72	26,0
300	0,72	19,2	0,68	22,3	0,75	21 8
400	0,76	22,7	0,74	18,0	0,80	21,8

O coeficiente de variação da distribuição volumétrica do conjunto de bicos variou de 36,7 a 18%. O melhor coeficiente foi conseguido a uma pressão de 400 kPa para os bicos 80-EF-02. É possível verificar que houve uma tendência em baixar o CV dos bicos 80-EF-02 e 80-EF-03 com o aumento da pressão. Já para os bicos 80-EF-015, o CV diminuiu com o aumento da pressão até 300 kPa, voltando a aumentar a partir dessa pressão (Figura 14).



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

Figura 14. Uniformidade da distribuição volumétrica com a barra à altura de 0,4 m, para os respectivos tipos de bicos nas diferentes pressões.

O valor do coeficiente de variação da distribuição volumétrica, para todos os bicos estudados, não pode ser considerado satisfatório levando-se em conta os limites propostos pelo Comitê Europeu de Normalização que admite no máximo um coeficiente de variação de 7% para a altura da barra e pressão indicada pelo fabricante e 9% para as demais alturas e pressões.

Dispositivo protetor

O dispositivo protetor ajustou-se ao tamanho da planta do café de até 0,45 m de altura, permitindo um deslocamento de maneira uniforme sobre a linha de plantio. Quando as extremidades das lâminas ultrapassaram 0,05 m de altura, em relação ao solo, houve dificuldades de posicioná-las sob o último ramo do cafeeiro. O ângulo de inclinação da calha permitiu que o jato fosse distribuído em toda a extensão da linha de plantio, sem que houvesse escorrimento de calda pelas laterais. O distanciamento de 0,03 m entre as extremidades das calhas foi suficiente para permitir a passagem do tronco da planta (Figura 15).



Figura 15. Barra de pulverização com o dispositivo protetor.

Estrutura de suporte do equipamento

O suporte permitiu o ajuste do pulverizador no dorso do animal, seguindo a sua anatomia, não apresentando nenhuma irregularidade que pudesse causar algum tipo de ferimento.

Todo o equipamento, em condições de trabalho e abastecido, pesou 133 kg, não excedendo 50% do peso médio dos equinos de trabalho, sendo, portanto, compatível com a carga que o animal pode conduzir durante uma jornada de trabalho de 6 a 8 horas, segundo Mialhe (1980), Figura 16.



Figura 16. Equipamento de pulverização.

Agitador da calda

O pulverizador, quando submetido a ensaios utilizando os bicos estudados, proporcionou vazões e retorno da calda variados em função do tipo de bicos e da pressão de trabalho (Tabela 4).

Tabela 4. Vazão média do conjunto de bicos e o retorno proporcionado pela bomba em função da pressão

Pressão (kPa)	Bicos					
	80.015		80.02		80.03	
	Vazão (Lmin ⁻¹)	Retorno (Lmin ⁻¹)	Vazão (Lmin ⁻¹)	Retorno (Lmin ⁻¹)	Vazão (Lmin ⁻¹)	Retorno (Lmin ⁻¹)
100	0,79	3,19	0,94	3,03	1,43	2,49
200	1,10	2,19	1,35	1,87	1,96	1,36
300	1,28	1,41	1,61	1,14	2,31	0,36
400	1,40	0,54	1,74	0,36	-	-

CONCLUSÕES

Nas condições em que os experimentos foram conduzidos, pode-se concluir que:

1. A melhor distribuição volumétrica, proporcionada pelos bicos trabalhando individualmente, foi observada nas pressões de 200 e 300 kPa e alturas entre 0,4 e 0,5 m, sendo estes os parâmetros ideais para trabalho com este tipo de bico.

2. Quando colocados aos pares na barra de pulverização, o bico 80-EF-02 foi o que apresentou a melhor distribuição volumétrica, com um coeficiente de variação da distribuição de 18%, trabalhando na pressão de 400 kPa, na altura de 0,4m.

3. A vazão máxima estimada da bomba foi de 3,94 L min⁻¹ à pressão de 100 kPa. A vazão fornecida pela bomba foi suficiente para proporcionar aplicações utilizando dois bicos simultaneamente, nas condições testadas.

4. A barra de pulverização, juntamente com o dispositivo protetor, possibilitou a aplicação da calda nas duas laterais do cafeeiro, simultaneamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barthelemy, P.; Boisgontier, D.; Jouy, L.; Lajoux, P. Choisir les outils de pulverisations. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages - ITCF, 1990. 160p.
- Cunha, J.P.A.R.; Teixeira, M.M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.5, n.2 p.344-348,2001.
- Fernandes, H.C. Aplicação de defensivos agrícolas: Teoria da gota. Engenharia na Agricultura, Viçosa, 1997. 14p. Caderno Didático 24.
- ISO – International Organization for Standardization. Equipment for crop protection. ISO Standards 5682/1/1981. Geneva. p.358-371. 1986.
- Matuo, T.; Pio, L.C.; Ramos, H.H.; Ferreira, L.R. Curso de proteção de plantas. Mod. 2: Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos e técnicas de aplicação; In: ABEAS: Curso de Especialização por Tutoria à Distância. Brasília, Brasil, 2001. 71p.
- Mialhe, L.G. Máquinas motoras na agricultura. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo. p.54-55. 1980.
- Ozkan, H.E.; Reichard, D.L.; Ackerman, K.D. Effect of orifice wear on spray patterns from fan nozzles. Transactions of the ASAE. ASAE, St. Joseph, Michigan. v.35, n.4, p. 1091-1096, 1992.
- 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 TQ15006 em mesa de prova. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v.33, n.2, 1998.
- Ramos, H.H. Perdas ligadas à má aplicação de agrotóxico. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, II. Jundiaí, 2001. www.iac.br/~cma/Sintag.
- Ronchi, C.P.; Silva, A.A.; Ferreira, L.R. Manejo de plantas daninhas em lavouras de café. Suprema Gráfica e Editora. Viçosa-MG. 2001. 94p.
- Sidahmed, M.M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. Transactions of the ASAE. 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.

- Silva, R.R.F. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo de pulverizador de defensivos agrícolas, montado sobre rodas, para tração humana. Viçosa, MG: UFV, 1984. 44p. Tese de Mestrado
- Teixeira, M.M. Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica. Madrid – Universidad Politécnica de Madrid. (Tesis Doctoral). 1997. 310p.
- Vicente, M.C.M.; Coelho, P.J.; Lopes Junior, A. Programa de Segurança e Saúde do Trabalhador Rural – Banco de Dados. São Paulo, SP, 1999 (CD Rom)
- Womac, A.R., Maynard II, R.A., Kirk, I.W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. Transactions of the ASAE, ASAE, St. Joseph, Michigan. v.42, n.3, p.609-616, 1999.

Desempenho operacional de um pulverizador para aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação

Resumo: O desempenho de um pulverizador para aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação, transportado por animal, foi avaliado em laboratório, analisando-se o espectro da população de gotas produzidas, a uniformidade de distribuição volumétrica, a faixa de deposição do líquido, e, em campo, analisou-se a capacidade operacional e os riscos de danos à cultura. Os valores do diâmetro da mediana numérica e diâmetro da mediana volumétrica das gotas diminuíram com o aumento da pressão, enquanto a população de gotas aumentou, estando estes dentro dos limites considerados ótimos para se fazer uma boa aplicação. A porcentagem de cobertura e o coeficiente de homogeneidade das gotas não foram influenciados pela pressão. Os bicos 80-EF-02 foram os que apresentaram a melhor distribuição volumétrica do líquido pulverizado. A faixa de aplicação proporcionada pelo equipamento foi suficiente para manter a linha de plantio livre da concorrência das plantas daninhas. A proteção quanto à deriva foi considerada excelente, pois nenhum sinal de intoxicação foi detectado no cafeeiro.

Palavras-chave: transporte animal, deriva, fitotoxicidade

Operational Performance of herbicide sprayer in young coffee crop

Abstract: The performance of an animal- transported herbicide sprayer in coffee crops, was evaluated under laboratory conditions, by analyzing the population range of drops produced, the volumetric distribution uniformity, range of liquid deposition, as well as under field conditions, by analyzing its operational capacity and risks of damage to the culture. The drop's numerical and volumetric median diameter values decreased as pressure increased, while the drop population increased, within the limits considered optimum for a good application. Cover percentage and drop homogeneity coefficient were not influenced by pressure. Nozzle 80-EF-02 presented the best liquid volumetric distribution. The application surface range provided by the equipment was sufficient to keep the plantation weed-free. Protection against drift was rated excellent, since no intoxication signs were detected in the coffee crop.

Key words: animal-transported, drift, phytotoxicity

INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação não se resume apenas ao ato de aplicar o defensivo, mas na interação de fatores, buscando a máxima eficácia dos tratamentos, economicidade, eficiência operacional, adequação de máquinas, menor contaminação ambiental e segurança do operador (Fundação ABC, 1996). A qualidade tecnológica dos pulverizadores e as condições de serviço dos equipamentos, associados à falta de conhecimento do operador, são as responsáveis pelas maiores deficiências que ocorrem durante a aplicação dos produtos fitossanitários (Friedrich, 1997).

A avaliação de pulverizadores é um procedimento de extrema necessidade quando se buscam parâmetros para a melhoria da eficiência dos equipamentos. Alguns países realizam essas avaliações de forma rotineira, entre eles se destacam a Alemanha, Bélgica, Espanha e França. No entanto, outros países, entre eles o Brasil, ainda não possuem regras claras com relação a esses procedimentos (Ramos, 2001). A Espanha se destaca por possuir uma normalização específica para o assunto, harmonizada com as normas ISO (1986). Também, a Associação Francesa de Proteção de Plantas possui trabalhos sugerindo pautas para o ensaio de pulverizadores.

A FAO (1997a; 1997b; 1997c), na tentativa de fornecer aos fabricantes e órgãos governamentais um apropriado, prático e consistente sistema de controle de qualidade, desenvolveu dois padrões de ensaios para pulverizadores de agrotóxicos (Borghetti et al., 2001). Esses padrões de avaliação tiveram sua aplicabilidade avaliada no Brasil por Borghetti et al. (2001) e Ramos et al. (1998) que analisaram pulverizadores costais e de barra. Os padrões mostraram-se práticos, mas nenhum dos pulverizadores avaliados atendeu plenamente aos parâmetros propostos.

Através da normalização, é possível obter a repetitividade dos resultados dos ensaios, sendo esta a condição básica para a sua aceitação. Os parâmetros a serem avaliados devem ser cuidadosamente selecionados e condizentes com os objetivos do equipamento. Segundo Smith & Sims (1993), é de responsabilidade do engenheiro de provas decidir quais parâmetros devem ser avaliados nos ensaios da máquina ou equipamento, obedecendo às normas específicas.

Ao se avaliar um equipamento para aplicação de herbicidas, deve-se considerar os parâmetros que afetam de forma direta a eficácia dos produtos. Dependendo do tipo

de operação, do equipamento disponível e da praga que se quer combater, é importante definir a população de gotas mais adequadas para se obter melhor controle nos tratamentos (Teixeira, 1997). Os parâmetros mais utilizados para definir uma população de gotas, segundo Márquez (1997), são o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), o diâmetro da mediana numérica (DMN) e o coeficiente de homogeneidade (CH).

Segundo Barthelemy et al. (1990), para uma boa aplicação de herbicidas de pós-emergência, o número mínimo de impactos deve situar-se entre 30 e 40 gotas cm^{-2} e o diâmetro da mediana volumétrica deve situar-se entre 200 e 600 μm . O número de gotas por unidade de superfície indica a quantidade de impactos que atingem o alvo e constitui um parâmetro importante para avaliar a homogeneidade de cobertura (Teixeira, 1997).

A população de gotas produzidas por um bico depende de fatores tais como a pressão de trabalho, o tipo de jato e a vazão nominal do bico. A produção de gotas grandes reduz a deriva, porém, estas podem escorrer prejudicando a pulverização. Por outro lado, com gotas muito pequenas, acentua-se o problema da deriva e evaporação. O fator que mais influencia a deriva é o tamanho da gota, seguido da velocidade do vento, altura da barra, umidade relativa e o volume de aplicação dentre os fatores avaliados (Smith et al., 2000). Segundo Wilkinson et al. (1999), gotas com diâmetro inferior a 200 μm são facilmente carregadas pela corrente de ar. Para Márquez (1994), devem-se evitar pulverizações que produzam gotas inferiores a 100 μm .

A aplicação dirigida de herbicidas não-seletivos, como o glifosate, próximo ao caule, na linha de plantio de café jovem, tem inconveniência da intoxicação das plantas provocada pela deriva das gotas pulverizadas (Ronchi et al., 1999a; 1999b). Esses autores, ao avaliarem os efeitos da deriva simulada de herbicidas não-seletivos aplicados a mudas de café com um ano de idade, a campo, constataram que as plantas jovens de café não toleraram os herbicidas glifosate e 2,4-D. Quando esses herbicidas atingiram apenas as folhas inferiores do cafeeiro, observou-se elevada taxa de injúria na planta, chegando a 90%, evidenciando o alto risco de se proceder a aplicações dirigidas em lavouras jovens, com esses herbicidas, sem a utilização de tecnologia de aplicação específica.

O dispositivo de proteção denominado “chapéu-de-napoleão” é o mais difundido entre os pequenos produtores; no entanto, a sua utilização fica limitada, em função da falta de parâmetros de aplicação como a referência da altura de trabalho do bico, da faixa de pulverização e da proteção limitada proporcionada à cultura.

O objetivo principal da aplicação de herbicida em uma lavoura de café em formação é a manutenção da linha de plantio livre de plantas daninhas, numa faixa de 50 a 80 cm de cada lado da fileira, sem causar danos à cultura. Isto pode ser conseguido, utilizando-se herbicidas em jato dirigido à linha de plantio, sob a copa do cafeeiro, evitando-se o contato da planta com a calda herbicida. A altura da barra de pulverização deve ser a menor possível permitida pelo equipamento, para que as gotas pulverizadas atinjam o alvo rapidamente, evitando a ação do vento (Ronchi et al., 2001).

A aplicação de herbicidas não-seletivos dirigidos à linha de plantio não é muito aceita. Entretanto, utilizando-se tecnologia de aplicação adequada, é possível obter alto rendimento operacional no controle de plantas daninhas, com custo baixo, preservando a seletividade da cultura (Ronchi et al., 2001).

O controle químico de plantas daninhas reduz ou elimina os riscos de danos ao sistema radicular, podendo ainda ser utilizado como meio de controle da erosão em áreas-problema, necessitando, para o seu uso correto, de conhecimento sobre plantas invasoras, manejo de herbicidas, características do solo, do ambiente e, sobretudo, do equipamento de aplicação (Oliveira & Gelmini, 1980; Fernandes, 1981).

A aplicação de herbicidas em lavouras montanhosas é limitada pela falta de equipamentos adequados. A topografia com declividade acentuada não permite o deslocamento de máquinas sobre rodas. Os equipamentos manuais são de baixa capacidade operacional em função do tamanho limitado dos depósitos, da baixa capacidade de transporte de carga pelo homem e da dificuldade de o operador se locomover transportando a carga e promovendo a aplicação. Portanto, o animal de transporte apresenta-se como alternativa econômica, podendo contribuir de maneira significativa na execução de tarefas em locais de difícil acesso para equipamentos sobre rodas.

Pela grande importância que o equipamento de pulverização possui no contexto geral das aplicações de herbicidas, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de um pulverizador para aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação, utilizando transporte animal, analisando-se as características do equipamento, sua capacidade operacional e os riscos de danos à cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O pulverizador avaliado foi construído no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, sendo constituído por dois tanques de PVC, com 50 litros de capacidade individual, uma bomba de diafragma alimentada por uma bateria de 12 V e 40 Ah, e uma barra com capacidade para utilização de dois bicos simultaneamente para aplicação de herbicidas na cultura do café.

Um dispositivo protetor foi fixado à barra porta-bicos para permitir a aplicação do herbicida na faixa de plantio, sob as plantas do café, protegendo-as contra a deriva.

O pulverizador foi construído para ser transportado por um equino, cabendo ao operador a função de conduzir o animal e direcionar a barra de pulverização sobre a faixa de plantio do café (Figura 1).



Figura 1. Pulverizador de herbicidas

As avaliações do pulverizador foram realizadas em laboratório e em lavoura de café, variedade catuaí, com altura média de 0,45 m, espaçamento de 1,0 m entre plantas e 2,5 m entre linhas, com 18 meses de plantio e localizada em uma área com declividade média de 18% na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa.

Ensaio de laboratório

Visando estabelecer parâmetros que auxiliassem na análise da eficácia das aplicações, determinou-se o espectro de gotas, densidade populacional, porcentagem de

cobertura, e a uniformidade de distribuição volumétrica dos bicos de pulverização colocados aos pares na barra de pulverização.

- **Espectro da população de gotas**

O espectro da população de gotas foi determinado, utilizando-se etiquetas amostradoras de papel “contact” de 6 x 9 cm, num total de 5 etiquetas distribuídas aleatoriamente na faixa de aplicação para cada volume pulverizado. Deslocou-se a barra de pulverização sobre as etiquetas nas velocidades de 0,50, 0,60 e 0,75 m s⁻¹ e utilizando-se as pressões de 100, 200 e 300 kPa, distribuindo volumes de aplicação de 110, 210 e 292 L ha⁻¹, respectivamente, segundo um delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 repetições.

Para melhor visualização das gotas, adicionou-se um corante preto, marca Guarany, na proporção de 10 g por litro de água. As etiquetas, após a aplicação, foram fotografadas, com uma câmera digital, para posterior análise, utilizando-se o programa computacional “Image Tool”. Este programa permitiu determinar:

- Diâmetro da mediana numérica (DMN) - diâmetro da gota que divide uma população de gotas em duas partes numericamente iguais;

- Diâmetro da mediana volumétrica (DMV) - diâmetro da gota que divide uma população de gotas em dois volumes iguais;

- Coeficiente de homogeneidade (CH) - definido como a relação entre o diâmetro da mediana volumétrica e diâmetro da mediana numérica, que demonstra melhor a uniformidade. Quanto mais próximo for de 1 (um), melhor será a uniformidade das gotas. Segundo Carrero (1996), o coeficiente de homogeneidade para os bicos tipo leque deve situar-se entre 2 e 5;

- Densidade populacional – número de gotas por unidade de superfície;

- Porcentagem de cobertura – porcentagem da área coberta pelas gotas.

Os valores foram obtidos usando-se o programa computacional “image tool” versão 5.0 e submetidos à análise de variância e de regressão, cujos modelos foram escolhidos com base no coeficiente de regressão e o teste t, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa de análises estatísticas SAEG, versão 8.0.

- **Uniformidade da distribuição volumétrica**

A uniformidade de distribuição volumétrica dos bicos de pulverização foi avaliada em uma mesa de ensaios, onde se fixou a barra de pulverização a uma altura de 0,4 m da superfície coletora do líquido.

Foram utilizados, em cada ensaio, os bicos da série 80-EF-015, 80-EF-02 e 80-EF-03. O líquido pulverizado foi coletado durante 60 segundos, em provetas distribuídas a cada 5 cm ao longo da faixa de pulverização, trabalhando nas pressões de 100, 200 e 300 kPa, com três repetições.

O coeficiente de variação da distribuição volumétrica (CV) foi calculado pela equação 1.

$$CV = \left[\frac{\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}}{\sum \frac{X_i}{n}} \right] \times 100 \quad (1),$$

em que

CV = coeficiente de variação (%);

X_i = volume do líquido contido nas provetas (mL);

\bar{X} = média do volume de líquido nas provetas (mL); e

n = número de provetas.

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Ensaio de campo

Os ensaios foram feitos na lavoura de café já descrita, com a finalidade de se observar os seguintes parâmetros:

- **Faixa de deposição do líquido**

Para a determinação da faixa de deposição da calda na superfície tratada, foram utilizadas folhas de papel de 2,0 m de comprimento e 0,2 m de largura, colocadas transversalmente em cinco pontos distintos, sobre as quais se deslocou o equipamento, procedendo-se à pulverização. A faixa de deposição foi determinada com a barra de

pulverização trabalhando com os bicos a 0,4 m de altura, e a pressões de 100, 200 e 300 kPa, utilizando-se dois bicos da especificação 80-EF-015.

Segundo o fabricante, esses bicos são de jato plano e distribuição uniforme, próprios para aplicação em faixas, não devendo permitir que haja sobreposição dos jatos. A distância entre bicos foi ajustada de forma a permitir que os jatos cobrissem toda a faixa, sem que houvesse sobreposição (Figura 2).



Figura 2. Barra de pulverização com dois bicos e dispositivo protetor

- **Capacidade operacional**

A capacidade operacional teórica do equipamento foi determinada pela seguinte equação:

$$Co = \frac{V \cdot L}{10} \quad (2),$$

em que

Co = capacidade operacional teórica (ha h⁻¹);

V = velocidade de deslocamento (km h⁻¹); e

L = faixa de aplicação (m).

A velocidade de deslocamento foi determinada, cronometrando-se o tempo gasto para o operador percorrer uma extensão de 50 metros, simulando-se uma aplicação, com cinco repetições.

- **Danos mecânicos causados pelo equipamento à cultura**

Os danos mecânicos foram avaliados, simulando-se uma aplicação em uma extensão de 50 metros na linha de plantio. Ajustou-se o dispositivo protetor para trabalhar a uma altura de 3 cm do solo que corresponde a 0,4 m de altura dos bicos em relação à superfície, conforme o projeto do equipamento para a situação da cultura. O caule e as folhas de 50 plantas foram avaliados visualmente para a identificação das possíveis injúrias causadas pelo equipamento. A avaliação foi feita, estabelecendo-se o percentual de folhas com danos físicos da planta avaliada em relação ao número total de folhas dessa mesma planta e, numa segunda fase, estabeleceu-se o percentual de plantas que sofreram danos nas folhas, em relação ao total de plantas avaliadas.

Os danos causados aos caules foram avaliados em termos percentuais de caules danificados em relação ao total avaliado.

- **Proteção contra deriva**

A proteção que a barra oferece à planta contra a deriva foi estimada em função do número de gotas por unidade de superfície que atingiram as folhas. Dois tipos de deriva foram considerados:

Deriva principal: É a deriva que atinge as plantas da linha de plantio, objeto da pulverização.

Os tratamentos compreenderam as aplicações feitas com as pressões de 100, 200 e 300 kPa, nas velocidades de 0,50, 0,60 e 0,75, m.s⁻¹, correspondendo aos volumes de aplicação de 110, 210 e 292 L ha⁻¹. O herbicida utilizado foi o *glifosate* (AGRISATO 480 CS). As doses do herbicida correspondentes às aplicações foram de 1870, 2010, 2110 g do ingrediente ativo equivalente ácido por hectare. Utilizou-se o delineamento experimental com blocos casualizados, com quatro repetições.

Para amostragem, foram fixadas cinco etiquetas de papel hidrossensível em uma planta de café de cada parcela. As etiquetas foram fixadas nas últimas folhas apicais de quatro ramos plagiotrópicos, localizados no terço médio inferior da planta. Outra etiqueta foi fixada na última folha da região apical do ramo ortotrópico (Figura 3).



Figura 3. Cafeeiro com as etiquetas de papel hidrossensível.

Deriva secundária: É a interferência das pulverizações de uma linha de plantio na linha vizinha mais próxima.

Para a determinação desse tipo de deriva, utilizou-se a mesma metodologia descrita anteriormente, procedendo-se às aplicações nas linhas de plantio laterais à linha cujas plantas continham as etiquetas. Utilizaram-se os mesmos parâmetros de volume de aplicação, velocidade e pressão de trabalho. Os bicos utilizados foram da especificação 80-EF-015.

As etiquetas foram recolhidas e analisadas com auxílio de uma lupa, determinando-se o número de manchas correspondentes aos impactos das gotas provenientes do líquido pulverizado, sendo os resultados submetidos à análise de variância.

A avaliação da deriva foi complementada com uma observação visual dos cafeeiros, 30 dias após a aplicação do herbicida, quando foram observados os possíveis danos causados à cultura, comparando-se as plantas tratadas com uma testemunha. Os conceitos foram baseados na tabela elaborada pela Associação Francesa de Proteção de Plantas (AFPP), que permite estabelecer valores para a toxicidade do herbicida à cultura, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Valores de acordo com a toxicidade na cultura

Nota	Fitotoxicidade(%)	Dano observado
0	0	Nenhum dano
1	2,5	Muito pouco dano
2	5	Pouco dano
3	15	Moderadamente danificada
4	30	Bastante danificada
5	50	Fortemente danificada
6	70	Muito fortemente danificada
7	85	Extremamente danificada
8	95	Quase destruída
9	97,5	Praticamente destruída
10	100	Morte da planta

Fonte: Adaptado por TEIXEIRA (1997).

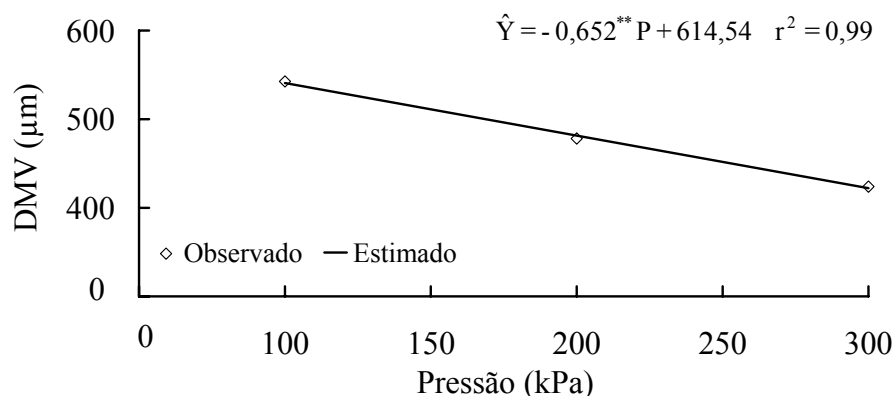
Na Tabela 1, considera-se nota 0 (zero) a ausência de fitotoxicidade e 10 (dez) a condição em que o cultivo foi totalmente destruído. A nota 3 (três) é o limite de fitotoxicidade agronomicamente aceita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de laboratório

- **Espectro da população de gotas**

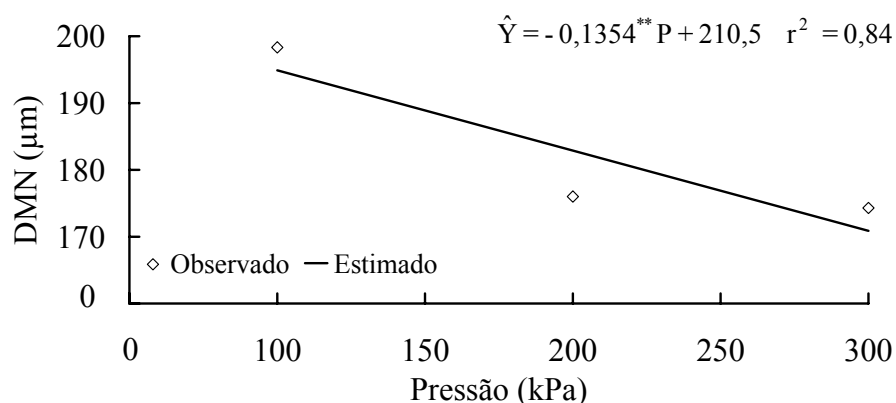
O diâmetro da mediana volumétrica (DMV) diminuiu com o aumento da pressão de trabalho, variando de 549 μm à pressão de 100 kPa para 419 μm à pressão de 300 kPa. Observou-se uma correlação linear negativa entre o diâmetro da mediana volumétrica e a pressão. Os valores obtidos estão dentro do limite ideal proposto por Barthelemy et al. (1990) para que as pulverizações possam ser realizadas, sem que o fenômeno da deriva venha comprometer as operações (Figura 4).



** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Figura 4. Estimativa do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) para os bicos 80-EF-015 em diferentes pressões.

Observou-se que, com o aumento da pressão, houve uma diminuição do diâmetro da mediana numérica (DMN) estimada, variando de 210 µm, a pressão de 100 kPa, para 170 µm a pressão de 300 kPa. Os valores estão acima do limite mínimo de 100 µm sugerido por Márquez (1997) para uma aplicação segura (Figura 5).



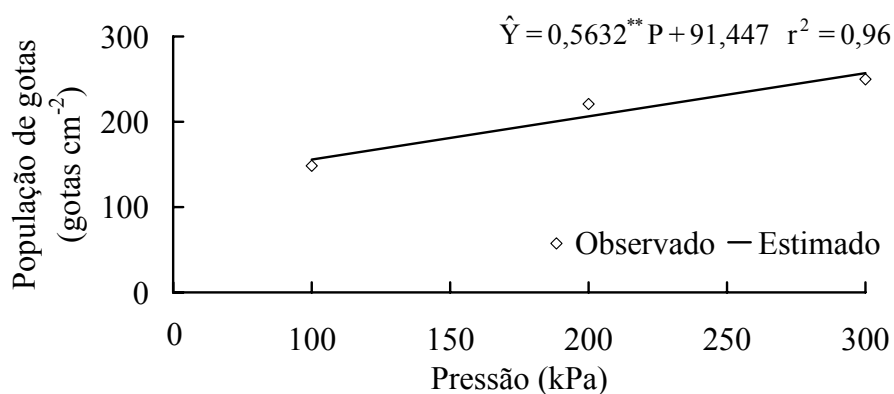
** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 5. Estimativa do diâmetro da mediana numérica (DMN) para os bicos 80-EF-015 em diferentes pressões.

O diâmetro da mediana numérica é analisado em conjunto com o diâmetro da mediana volumétrica para a avaliação do espectro de gotas e do coeficiente de homogeneidade.

- **Densidade populacional**

Houve um aumento da densidade populacional das gotas com o aumento da pressão. A população de gotas estimada variou de 148 gotas cm^{-2} a 100 kPa de pressão para 260 gotas cm^{-2} à pressão de 300 kPa, ficando acima do mínimo recomendado para uma boa aplicação de herbicidas (30 a 40 gotas cm^{-2}), segundo Barthelemy et al. (1990).



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 6. Estimativa da população de gotas proporcionada pelos bicos 80-EF-015 sob diferentes pressões.

- **Porcentagem de cobertura**

A Tabela 2 apresenta as porcentagens de cobertura e os coeficientes de homogeneidade dos bicos 80-EF-015, em função da variação da pressão. O aumento da pressão não afetou de forma significativa a porcentagem de cobertura e o coeficiente de homogeneidade.

Tabela 2. Porcentagem de cobertura (COB) e coeficiente de homogeneidade (CH) dos bicos 80-EF-015, em função da variação da pressão

Pressão (kPa)	COB (%)	CH
100	9,878	2,778
200	11,742	2,734
300	11,788	2,428

Os valores do coeficiente de homogeneidade (CH), usando bico tipo leque, estão no limite entre 2 e 5 recomendado por Carrero (1996) para uma boa aplicação. Os valores mostram que houve uma boa homogeneidade com relação ao tamanho das gotas.

Uniformidade de distribuição

A média dos coeficientes de variação da distribuição volumétrica transversal proporcionada por diferentes pressões da barra colocada na banca de ensaios são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Média dos coeficientes de variação (CV) da distribuição volumétrica da barra de pulverização na altura de 0,4 m para os diferentes bicos

Bicos	CV (%)
80-EF-015	25,91 a
80-EF-03	25,87 a
80-EF-02	24,12 b

As médias seguidas da mesma letra não diferem, entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre as médias, mostrando que o conjunto de bicos que apresentou a melhor distribuição volumétrica foi o 80-EF-02, com uma média de coeficiente de variação de 24,12%.

Esses valores de CV estão acima do permitido pelo Comitê Europeu de Normalização que estabelece 7%, obedecendo aos parâmetros do fabricante e 9% quando o equipamento trabalha em condições fora dos parâmetros recomendados. Os bicos apresentaram uma desuniformidade da distribuição volumétrica bastante acentuada nas extremidades do jato, o que contribuiu de maneira significativa para o aumento dos coeficientes de variação.

Ensaio de campo

A velocidade média obtida em condições de topografia com declividade média de 18%, com alta infestação de plantas daninhas, foi de 0,85 m s⁻¹, correspondendo a 3,06 km h⁻¹, compatível com os valores obtidos por Mialhe (1980), referente ao

transporte de carga no dorso do animal. A esta velocidade foi possível conduzir o animal e direcionar a barra de pulverização sobre a linha de plantio, simulando-se a pulverização.

A sustentação da barra feita pela alça, transferindo o peso para o ombro do operador, proporcionou maior conforto e segurança, facilitando o direcionamento da barra.

O ângulo das lâminas do dispositivo protetor em relação à barra de pulverização foi compatível com o ângulo do jato, o que permitiu um perfeito direcionamento deste dentro da calha do protetor, evitando escorrimento de líquido pelas laterais e o contato das plantas com o jato de pulverização.

A temperatura, por ocasião das aplicações, variou de 25 a 27°C, a umidade relativa variou de 64 a 70% e a velocidade média do vento foi de 0,8 m s⁻¹, com picos máximos de 2 m s⁻¹.

Visualmente, nenhuma deriva foi observada escapando do protetor em direção ao cafeeiro. As plantas daninhas com tamanho superior a 0,20 m ofereceram resistência ao deslizamento das extremidades das lâminas do dispositivo protetor, dificultando a aplicação, principalmente o picão preto (*Bidens pilosa* L.) que se encontrava em fase de maturação, a corda de viola (*Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K.) Dom.) por ter a característica de enrolar na planta do café e o capim amargoso (*Digitaria insularis* L), com aproximadamente 0,7 m de altura.

- **Faixa de aplicação**

As médias das faixas de aplicação e os volumes de aplicação, obtidos com o conjunto de bicos a 0,4 m de altura para as pressões ensaiadas, são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Faixa de aplicação e vazão utilizando os bicos 80-EF-015

Pressão (kPa)	Faixa (m)	Vazão (L min ⁻¹)
100	1,35	0,670
200	1,40	1,060
300	1,45	1,270

A faixa de aplicação média foi de 1,40 m, suficiente para manter a linha de plantio livre da concorrência das plantas daninhas em uma faixa de 0,70 m em cada lateral.

Capacidade operacional

A faixa de aplicação média de 1,40 m e a velocidade de 3,06 km h⁻¹ proporcionaram uma capacidade operacional teórica de 0,43 ha h⁻¹. Esta capacidade operacional é elevada, pois o equipamento permitiu a aplicação do herbicida nas duas laterais da linha de plantio, simultaneamente, ao contrário dos equipamentos tradicionais. Foi possível ainda um caminhamento constante ao longo da linha de plantio, sem a necessidade de deslocamento lateral da barra de pulverização para cobrir toda a extensão da faixa de plantio.

- **Danos mecânicos**

A análise visual feita nas plantas não constatou nenhum sinal de danos mecânicos nas folhas ou nos caules, que pudessem ser atribuídos à passagem do equipamento. A abertura entre as lâminas do dispositivo protetor foi suficiente para permitir a passagem das plantas.

- **Proteção contra deriva**

Nenhum sinal de impacto de gotas foi observado nas etiquetas hidrossensíveis, bem como nenhum sinal de intoxicação foi observado na planta, na avaliação visual feita 30 dias após as aplicações.

CONCLUSÕES

1. Os valores do espectro das gotas diminuíram com o aumento da pressão, enquanto a população de gotas aumentou, estando estes dentro dos limites considerados ótimos para se fazer uma boa aplicação.

2. A porcentagem de cobertura e o coeficiente de homogeneidade não foram influenciados pela pressão, mostrando que é possível reduzir o volume de aplicação sem alterar esses parâmetros.

3. Os bicos 80-EF-02 foram os que apresentaram melhor uniformidade de distribuição volumétrica.
4. O equipamento permitiu a aplicação em uma faixa de 1,40 m considerada suficiente para evitar que as plantas daninhas concorram com a cultura.
5. A proteção quanto à deriva foi total, pois nenhum sinal de intoxicação foi detectado no cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barthelemy, P.; Boisgontier, D.; Jouy, L.; Lajoux, P. Choisir les outils de pulvérisations. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages – ITCF, 1990. 160p.
- Borghi, E.; Schreiner, P.C.; Ramos, H.H.; Peche Filho, A. Avaliação do estado da arte de pulverizadores utilizados em pequenas propriedades. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 2, Jundiaí, 2001. Anais. (CD Rom).
- Carrero, J.M. Maquinaria para tratamientos fitosanitarios. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 159p.
- Fernandes, D.R. Manejo do cafeeiro no Brasil. In: Malavolta, E.; Yamada, T.; Guidolin, J.A. Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. p.55-75.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *FAO – Agricultural pesticide sprayers. FAO Minimum standards.* Roma, Italy, 1997a. 29p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Agricultural pesticide sprayers. FAO Technical standards. Sprayers specifications and test procedures. Vol. 1: Portable (operator-carried) sprayer.* Roma, Italy, 1997b. 44p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Agricultural pesticide sprayers. FAO Technical standards. Sprayers specifications and test procedures. Vol. 2: Vehicle mounted and trailed sprayer.* Roma, Italy, 1997c. 32 p.
- Friedrich, T. Approach to improvements in agricultural pesticide application. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, v.28, n.2, p.15-18, 1997.
- Fundação ABC. *Conquiste o futuro com a tecnologia presente: tecnologia de aplicação de defensivo.* Ponta Grossa, PR, 1996. 36p.

- ISO – International Organization for Standardization. Equipment for crop protection. ISO standards 5682/1/1981. Geneva. p.358-371. 1986.
- Márquez, L. Aplicaciones en cultivos bajos y hortícolas: problemática y soluciones: Curso de aplicación ecológica de productos fitosanitarios. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 28040 Madrid.1994. 28p.
- Márquez, L. Tecnologia para la aplicación de defensivos agrícolas. XXVI CONBEA. Universidade Federal da Paraíba. Brasil. 1997. 27p.
- Mialhe, L.G. Máquinas motoras na agricultura. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo. p.54-55. 1980.
- Oliveira, E.G.; Gelmini, G.A. Como aplicar herbicidas. A Granja, v.36, n.390. p.48-54, 1980.
- Ramos, H.H. Perdas ligadas à má aplicação de agrotóxico. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, II. Jundiaí, 2001.
- Ramos, H.H.; Oliveira, M.D.M.; Nery, M.S.; Silva Júnior, R.L. Avaliação dos padrões FAO para pulverizadores agrícolas através do ensaio de um pulverizador de barras Jacto modelo Columbia Vortex. Piracicaba, 1998. 51p. Relatório de Ensaio (Pós-Graduação em Máquinas agrícolas - Disciplina de Ensaio de Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- Ronchi, C.P.; Silva, A.A.; Ferreira, L.R. Manejo de plantas daninhas em lavouras de café. Suprema Gráfica e Editora. Viçosa-MG. 2001. 94p.
- Ronchi, C.P.; Silva, A.A.; Ferreira, L.R. Efeito dos bicos Turbo Floodjet e Espuma na eficácia e seletividade do glifosato em aplicação dirigida na linha de café (*Coffea arabica* L.) com um ano de idade. In: Simpósio de Iniciação Científica, 8, 1999, Viçosa, MG. Resumos... Viçosa, MG: UFV, 1999a. p.225.
- Ronchi, C.P.; Silva, A.A.; Ferreira, L.R.; Melo, H.B. Efeito da deriva simulada de diversos herbicidas sobre mudas de café (*Coffea arabica* L.) com nove meses de idade a campo. In: Simpósio de Iniciação Científica, 8, 1999, Viçosa, MG. Resumos... Viçosa, MG:UFV, 1999b. p.229.
- Ronchi, C.P.; Silva, A.A.; Ferreira, L.R. Efeito de diferentes pontas de pulverização na aplicação de glifosato e paraquat sobre seletividade e controle de plantas daninhas em lavouras de café (*Coffea arabica*, L.) com um ano de idade. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 22, 2000, Foz do Iguaçu-PR. Resumos..., PR: SBCPD, 2000d. p.480.

- Smith, D.; Sims, B. Procedimiento para evaluación de aspersoras de campo. In: Evaluación Técnica de Equipos para Pequeños Productores. Silsoe Research Institute, Bedford, UK. 1993. 13p.
- Smith, L.A.; Mulrooney, J.E.; Elmore, C.D. Experimental design and sampling techniques for effective evaluation of spray drift. In: 2000 ASAE Annual International Meeting, Milwaukee. ASAE, St. Joseph, Michigan. 2000. (Paper nº 001029 – CD-Rom).
- Teixeira, M.M. Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica. Madrid – Universidad Politécnica de Madrid. (Tesis Doctoral). 1997. 310p.
- Wilkinson, R.; Balsari, P.; Oberti, R. Pest control equipment. In: Stout, B.A. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol.3. Plant Production Engineering. ASAE, 1999. Cap. 1.5, p.269-310.

Avaliação da eficácia de herbicidas em lavouras de café em formação, aplicados com um pulverizador de transporte animal

Resumo: A avaliação da eficácia dos tratamentos é um fator importante para a escolha do equipamento de aplicação e do herbicida. Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia de um herbicida não-seletivo, em diferentes volumes de pulverização, aplicado em lavouras de café em formação, utilizando-se um pulverizador de transporte animal. Foram utilizados bicos de pulverização de jato plano e distribuição uniforme do tipo 80-EF-015. Os ensaios foram conduzidos utilizando-se três volumes de aplicação e duas doses de glifosate. Todos os tratamentos apresentaram valores de eficácia superiores a 98%. O equipamento proporcionou boa proteção contra a deriva, não sendo observado nenhum sinal de toxicidade do herbicida na cultura até 30 dias após as aplicações. O controle das plantas daninhas foi uniforme em toda a faixa de plantio, mostrando que o pulverizador é uma boa alternativa para aplicação de herbicidas não-seletivos em lavouras de café em formação.

Palavras-chaves: avaliação de eficácia, espectro de gotas, café em formação

Evaluation of herbicide efficiency in young coffee crops, applied with an animal-transported sprayer

Abstract: The evaluation of the efficiency of treatments is an important factor in choosing application tools and herbicides. This work aimed to evaluate the efficiency of a non-selective herbicide, applied in different spraying volumes on young coffee crops, by using an animal-transported sprayer. Fan-type spraying nozzles with uniform distribution (80-EF-015) were used. The assays were conducted by using three application volumes and two glyphosate doses. All the treatments showed efficiency values higher than 98%. The equipment provided good protection against drift, with no sign of herbicide toxicity being observed, up to 30 days after application. Weed control was done uniformly all along the crop, showing that this sprayer is a good alternative for applying non-selective herbicides on young coffee crops.

Keywords: efficiency evaluation, drop range, young coffee crop.

INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas na cultura do café se faz necessário sempre que houver a possibilidade de concorrência prejudicial. No entanto, deve ser feito de modo bastante criterioso, para que a cultura não fique sujeita a outros danos.

As plantas jovens de café são muito sensíveis à interferência das plantas daninhas, principalmente na linha de plantio, as quais podem reduzir o desenvolvimento e comprometer a vida produtiva dos cafeeiros. No entanto, manejar plantas daninhas na linha de plantio do café não é tarefa fácil, pois o controle manual é dispendioso e o controle químico carece de produtos seletivos para uso nesta fase da cultura, bem como de tecnologias adequadas à aplicação de herbicidas não-seletivos (Ronchi et al., 2001).

Dentre os métodos de controle de plantas daninhas, o método químico tem-se destacado, pois pode ser usado em períodos chuvosos, quando o controle mecânico não é eficiente e quando a mão-de-obra é requerida para outras atividades. Além disso, esse método permite que a cobertura morta persista por maior tempo sobre o solo, em comparação ao controle mecânico, e propicie controle por tempo mais prolongado (Njoroge, 1994).

Embora existam vários herbicidas registrados para a cultura do café, pouquíssimos apresentam seletividade para aplicação diretamente sobre as plantas dessa cultura, principalmente aqueles utilizados em pós-emergência das plantas daninhas (Alcântara & Carvalho, 2000; Alcântara, 2000b). Logo, para seu uso correto, são necessários conhecimentos sobre plantas invasoras, manejo e principalmente sobre tecnologia de aplicação (Oliveira & Gelmini, 1980; Fernandes, 1981).

Os herbicidas glifosate, paraquat e 2-4 D têm sido largamente utilizados no controle não-seletivo de mono e dicotiledôneas. São herbicidas de ação total, cuja eficácia de controle depende da espécie daninha, do seu estágio de desenvolvimento, da sua condição metabólica, da dose e das condições climáticas antes, durante e depois da aplicação (Ronchi et al., 2001).

Um dos grandes problemas da aplicação dirigida desses herbicidas não-seletivos, próximo ao caule do cafeeiro jovem é a intoxicação das plantas provocada pela deriva (Ronchi et al., 1999a e 1999b). Estes autores, ao avaliarem os efeitos da deriva simulada em cafeeiros com um ano de idade, verificaram que as plantas não toleram os herbicidas glifosate e 2,4-D.

Quando esses herbicidas atingiram apenas as folhas localizadas na base da planta, observou-se elevada taxa de injúria (90%), evidenciando-se o alto risco de se fazer aplicações com esses herbicidas. Em lavouras recém-transplantadas e com até dois anos de idade (mais sensíveis aos herbicidas), é essencial o uso de tecnologia de aplicação específica (Ronchi et al., 2001).

A eficácia do tratamento com herbicidas pode ser afetada por alguns parâmetros como o volume da calda aplicado e o espectro da população de gotas. Para os herbicidas fluazifop, fenoxaprop e quizalofop, o aumento do tamanho das gotas reduz a eficácia (Dexter, 1995). Robert (1995) constatou que o volume de calda de 181 L ha⁻¹ causou maior dano na cultura da beterraba em comparação com o volume de calda de 96 L ha⁻¹ utilizando os herbicidas clopyralid, ethofumesate e DPX-66037, em tratamentos de pós-emergência. Segundo Márquez (1997), a redução do volume de calda aplicado permite aumentar a capacidade de trabalho dos equipamentos de pulverização e melhora a sua eficácia. No entanto, a redução do volume da calda depende da qualidade do equipamento de aplicação que, de qualquer forma, deve assegurar a uniformidade de distribuição.

O espectro da população de gotas produzidas por um bico durante a pulverização assume grande importância, pois determina a eficácia do tratamento. Estudos têm mostrado que gotas menores que 100 μ m são arrastadas com mais facilidade pelo vento, produzindo o fenômeno da deriva. Da mesma forma, não se recomendam gotas maiores que 800 μ m, dada a facilidade de escorrimento (Márquez, 1997). Dependendo do tipo de operação, do equipamento disponível e da praga que se deseja combater, é importante definir a população de gotas mais adequada para o tratamento, visando ao controle mais eficaz.

Os principais parâmetros que definem melhor as características da população de gotas, tendo em vista a eficácia de um tratamento, são: diâmetro da mediana volumétrica, diâmetro da mediana numérica, área de cobertura, densidade populacional e o coeficiente de homogeneidade (Lefebvre, 1989 e Márquez, 1997).

O diâmetro da mediana volumétrica corresponde ao diâmetro da gota que separa uma população em duas metades, com a mesma quantidade de líquido, devendo situar-se entre 200 e 600 μ m, para as aplicações com herbicidas usados na pós-emergência das plantas daninhas (Barthelemy et al., 1990). O diâmetro da mediana numérica é o diâmetro da gota que divide a população em duas quantidades numericamente iguais. Esse parâmetro deve ser analisado conjuntamente com o diâmetro da mediana

volumétrica, para permitir melhor avaliação do espectro de gotas e da homogeneidade da população (Barthelemy et al., 1990). O Coeficiente de homogeneidade é a relação entre o diâmetro da mediana volumétrica e o diâmetro da mediana numérica. Quanto mais próximo for de 1 (um) a relação, melhor é a homogeneidade. Segundo Carrero (1996), o coeficiente de homogeneidade ideal para os bicos tipo leque situa-se entre 2 e 5.

Outro aspecto importante a se considerar é o número de impactos por unidade de área. Segundo Barthelemy et al. (1990), 30 a 40 impactos de gota.cm⁻² deve ser a quantidade mínima permitida para uma boa aplicação dos herbicidas aplicados na pós-emergência das plantas daninhas.

As condições climáticas, no momento da aplicação, devem ser cuidadosamente observadas. Em casos de baixa umidade relativa, deve-se evitar trabalhar com população de gotas com diâmetro muito reduzido, para evitar o fenômeno da evaporação destas. Da mesma forma, deve-se evitar fazer as aplicações em dias com ventos fortes, por causa do risco da deriva (Teixeira, 1997).

A avaliação da eficácia dos tratamentos torna-se fator importante para a escolha do equipamento e do herbicida. O principal método de avaliação consiste na determinação da porcentagem de plantas mortas em relação a uma testemunha. Outro método considera a biomassa das plantas daninhas sobreviventes comparadas com a biomassa de uma testemunha (Teixeira, 1997). Toda avaliação deve ser complementada com uma avaliação visual, que é uma técnica adaptada para permitir uma avaliação dos ensaios em cada parcela, comparando-a com um padrão.

A utilização da avaliação visual torna-se importante, pois considera as características das plantas daninhas, tais como espaço ocupado, porcentagem de cobertura e porte da planta, que não são considerados quando se faz apenas a contagem destas.

Alguns equipamentos de tração animal ou mesmo manuais foram desenvolvidos com o objetivo de aplicação de herbicidas. Esses equipamentos são conduzidos sobre rodas, o que os torna inoperantes em regiões montanhosas. Os costais motorizados são caros e apresentam baixa capacidade operacional para aplicação de herbicidas, não possuindo um sistema eficiente de proteção contra a deriva. Por esses motivos, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia de um herbicida não-seletivo (glifosate) em diferentes volumes de pulverização, aplicado em lavouras de café em formação, usando um equipamento de tração animal.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e em uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.) selecionada no Município de Viçosa, MG.

• Pulverizador

O pulverizador utilizado foi construído para aplicar herbicidas não-seletivos em toda extensão da linha de plantio do café. É formado por dois tanques de PVC com capacidade individual de 50 litros, uma bomba de diafragma marca Flojet, acionada por uma bateria de 10 V e 40 Ah, uma barra de pulverização com capacidade de utilização de dois bicos e um dispositivo protetor contra deriva. O protetor contra deriva foi projetado para passar sob os ramos da planta, permitindo que o jato seja distribuído de maneira uniforme em toda a faixa de aplicação sem atingir a cultura (Figura 1). Os bicos utilizados foram do tipo leque de jato plano da série 80-EF-015.

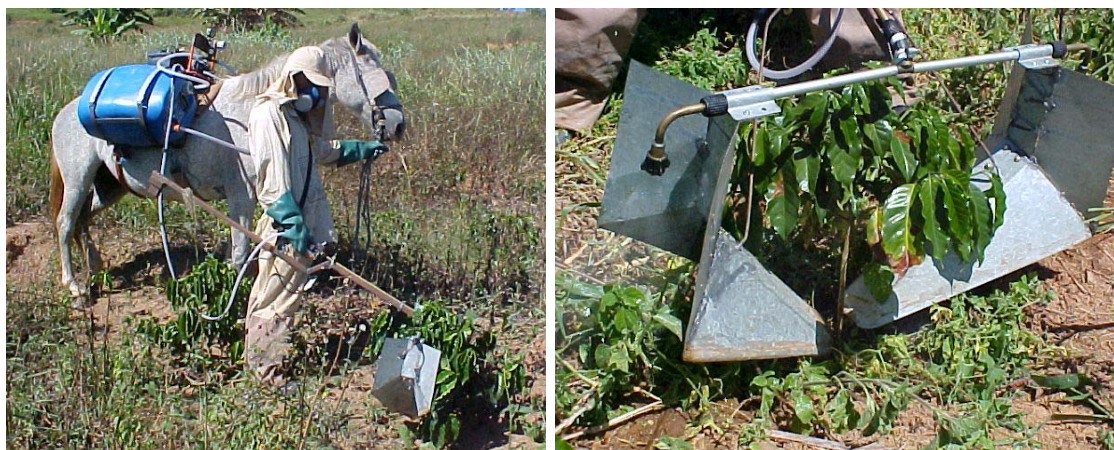


Figura 1. Pulverizador de herbicidas e o dispositivo protetor

Ensaio de laboratório

Os bicos utilizados nos trabalhos foram selecionados a partir de ensaios preliminares de vazão nominal e faixa de deposição. Optou-se pelos bicos da série 80 EF (Even fan), por serem estes de jato plano e distribuição uniforme indicados para aplicarem herbicidas em faixas individuais, segundo o fabricante. Os bicos de vazão nominal 80-EF-015 foram os que apresentaram as vazões e faixas de aplicação adequadas aos testes. Visando estabelecer parâmetros que auxiliassem na análise da

eficácia das aplicações, determinou-se o espectro de gotas do jato e a uniformidade de distribuição volumétrica do conjunto de bicos selecionados, montados na barra de pulverização.

- **Espectro da população de gotas**

O ensaio foi conduzido simulando-se uma aplicação com os bicos trabalhando a 0,40 m de altura. O espectro da população de gotas foi determinado, utilizando-se etiquetas amostradoras de papel “contact” de 6 x 9 cm, num total de 5 etiquetas, distribuídas aleatoriamente na faixa de aplicação para cada volume aplicado. As aplicações foram feitas às pressões de 100, 200 e 300 kPa, correspondendo a um volume de aplicação de 110, 210 e 292 L ha⁻¹, respectivamente, segundo o delineamento experimental, inteiramente casualizado, com cinco repetições.

Adicionou-se um corante preto à calda, para melhor visualização das gotas. As etiquetas foram fotografadas e analisadas por meio do programa computacional “Image Tool”. Os seguintes parâmetros foram determinados:

- Diâmetro da mediana numérica;
- Diâmetro da mediana volumétrica;
- Densidade populacional;
- Coeficiente de homogeneidade; e
- Porcentagem de cobertura.

Os resultados do diâmetro da mediana numérica, diâmetro da mediana volumétrica e densidade populacional foram submetidos a uma análise de variância e de regressão, cujos modelos foram escolhidos com base no coeficiente de regressão e no teste t, a 1% de probabilidade. Os valores referentes ao coeficiente de homogeneidade e porcentagem de cobertura foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa computacional SAEG, versão 8.0, nas análises estatísticas.

- **Uniformidade da distribuição volumétrica**

O experimento foi conduzido em uma mesa de ensaios, onde foi fixada a barra de pulverização com os bicos escolhidos trabalhando a uma altura de 0,40 m.

Durante 60 segundos, coletou-se o líquido pulverizado em provetas distribuídas ao longo da faixa de pulverização, com 3 repetições.

Para se estimar a uniformidade de distribuição volumétrica, determinou-se o coeficiente de variação desta distribuição, dividindo-se o desvio-padrão dos volumes

coletados nas provetas pela média desses valores. Os valores obtidos foram submetidos a uma análise de variância e regressão, escolhendo-se um modelo com base no coeficiente de regressão e teste t, a 1% de probabilidade.

Ensaio de campo

Os ensaios foram conduzidos em uma área experimental, caracterizada climaticamente por temperatura média anual de 19°C e precipitação média anual de 1.300 a 1.400 mm, concentrada, principalmente, no período de outubro a março, situada a 20°45'20"S e a 42°52'40" W(Gr), com altitude média de 600 a 700 m, próxima ao aeroporto municipal de Viçosa. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo e apresentou declividade média de 18%. A cultura utilizada foi o *Coffea arabica* L., variedade catuaí, com 18 meses de plantio e espaçamento de 1,0 m entre plantas e 2,5 m entrelinhas. A cultura apresentava em média uma altura de 0,45 m com dez pares de ramos plagiotrópicos, diâmetro da projeção das saias das plantas de 0,60 m e altura de inserção do 1º par de ramos de 0,20 m.

• Delineamento experimental

O experimento foi montado, segundo o delineamento em blocos casualizados, em um esquema fatorial 3x2, sendo três volumes de calda e duas doses do herbicida, com quatro repetições. Foi constituído de parcelas com 6 m de comprimento e 2,5 m de largura, totalizando uma área de 15 m². Entre um bloco e outro, deixou-se uma faixa de 2,5 m como bordadura equivalendo a uma linha de plantio. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, utilizando-se o teste t, a 5% de probabilidade.

Foi feita uma amostragem de plantas daninhas, utilizando-se um arco de 0,1 m², lançado ao acaso 5 vezes em cada parcela, na faixa de plantio, perfazendo 0,5 m² por parcela, determinando-se a porcentagem de cada espécie em relação ao total de plantas encontradas e o estágio destas. A partir destes dados optou-se pelo herbicida glifosato, de nome comercial AGRISATO 480 CS, na dose indicada pelo fabricante e a metade desta, 1920 e 960 g. do ingrediente ativo por hectare respectivamente. As pressões foram fixadas em 100, 200 e 300 kPa, para obter os volumes de aplicação de 100, 200 e 300 L ha⁻¹. As doses do produto e os volumes de calda aplicados foram corrigidos em função da velocidade de deslocamento efetivamente observada durante as aplicações. A distância entre bicos foi ajustada para cada pressão de trabalho.

Os dados climáticos referentes à temperatura e à umidade relativa foram anotados em intervalos de 30 minutos, utilizando-se termômetro de bulbo úmido e bulbo seco. A velocidade do vento foi medida, constantemente, com um anemômetro de pás, marca Kestrel.

Avaliação da eficácia dos tratamentos

A eficácia dos tratamentos foi avaliada em função do número de plantas daninhas que sobreviveram aos tratamentos, da biomassa dessas plantas, sendo complementada com uma avaliação visual, ao final do período.

• Avaliação da eficácia em função do número de plantas

A avaliação foi realizada aos 15 e 30 dias após a aplicação. Para cada avaliação, foi feita uma contagem das plantas daninhas, utilizando-se a metodologia do arco já descrita. A eficácia foi calculada comparando-se os resultados obtidos antes e após a aplicação do herbicida, sendo determinada com o uso da seguinte equação:

$$E = \left(\frac{T - P}{T} \right) 100$$

(1),

em que

E = eficácia do herbicida em função do número de plantas de cada tratamento (%);

T = total de plantas daninhas presentes na armação antes da aplicação; e

P = número de plantas daninhas vivas presentes na armação, depois do tratamento.

• Avaliação da eficácia em função da biomassa

A avaliação foi feita 30 dias após as aplicações. Foi determinada a porcentagem de massa seca das plantas daninhas que permaneceram vivas após esse período, em relação a uma testemunha sem tratamento.

Essa determinação foi feita, utilizando-se a metodologia do arco já descrita. As plantas daninhas vivas presentes no interior do arco, a cada lançamento, foram cortadas rente ao solo, lavadas, e posteriormente secas em uma estufa a 75°C, durante 72 h, até a completa desidratação. A determinação da biomassa foi calculada, usando-se a equação:

$$B = \left(\frac{M_t - M_p}{M_t} \right) 100 \quad (2),$$

em que

- B = eficácia em função da biomassa de plantas daninhas presentes (%);
 Mt = massa seca total média de plantas daninhas presentes nas testemunhas (g);
 Mp = massa seca das plantas daninhas vivas em cada parcela, 30 dias após o tratamento (g).

- **Avaliação visual da eficácia**

A avaliação visual da eficácia dos tratamentos com o herbicida foi realizada 30 dias após a aplicação, comparando as áreas tratadas com uma testemunha sem tratamento, utilizando-se a escala apresentados na Tabela 1, elaborada pela Associação Francesa de Proteção de Plantas (AFPP).

Tabela 1. Escala da Associação Francesa de Proteção de Plantas para avaliação da eficácia dos tratamentos

Valor	Eficácia (%)	Estimativa da eficácia
10	100	Total
9	97,5	Muito boa
8	95	Boa
7	85	Bastante boa
6	70	Medianamente boa
5	50	Média
4	30	Média a fraca
3	15	Fraca
2	5	Muito fraca
1	2,5	Praticamente nula
0	0	Nula

Fonte: Adaptado por TEIXEIRA (1997)

Nesta escala, é considerada nota 10 (dez) uma eficácia total e nota 0 (zero) uma eficácia nula. A nota 7 é o limite de eficácia agronomicamente aceito.

- **Avaliação da toxicidade do herbicida na cultura**

A metodologia utilizada consistiu em capturar uma possível deriva durante as aplicações. Para tal, foram afixadas etiquetas de papel hidrossensível em uma planta de café escolhida ao acaso, dentro de cada parcela. As etiquetas foram fixadas nas últimas folhas apicais de quatro ramos plagiotrópicos do terço médio inferior da planta,

dispostos segundo os pontos cardeais. Outra etiqueta foi fixada na última folha apical do ramo ortotrópico.

Os resultados foram analisados, contando-se o número de gotas por unidade de superfície que atingiram a planta e complementados com uma avaliação visual da planta, de acordo com especificações apresentadas na Tabela 2, elaborada pela AFPP.

Tabela 2. Escala da Associação Francesa de Proteção de Plantas para avaliação da toxicidade na cultura

Nota	Fitotoxicidade (%)	Observação sobre a cultura
0	0	Sem nenhum dano
1	2,5	Muito pouco dano
2	5	Pouco dano
3	15	Moderadamente danificada
4	30	Bastante danificada
5	50	Fortemente danificada
6	70	Muito fortemente danificada
7	85	Extremamente danificada
8	95	Quase destruída
9	97,5	Praticamente destruída
10	100	Morte da planta

Fonte: Adaptado por TEIXEIRA (1997)

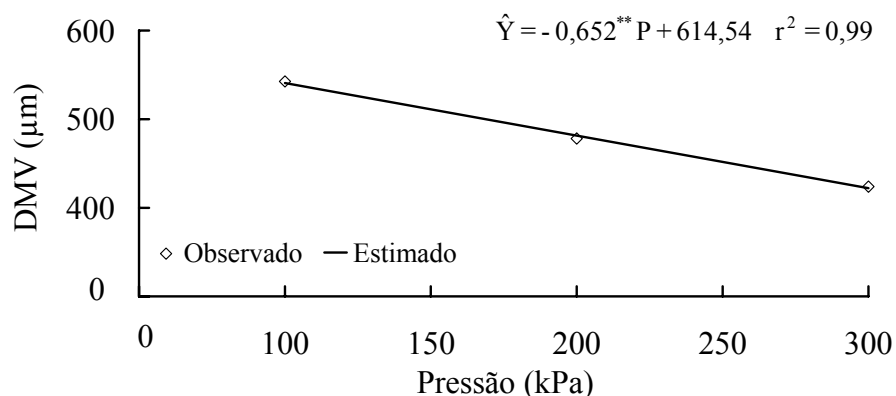
Nesta escala considera-se nota 0 (zero) a ausência de fitotoxicidade e 10 (dez) a condição em que o cultivo foi totalmente destruído. A nota 3 é o limite de fitotoxicidade agronomicamente aceito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de laboratório

- **Espectro da população de gotas**

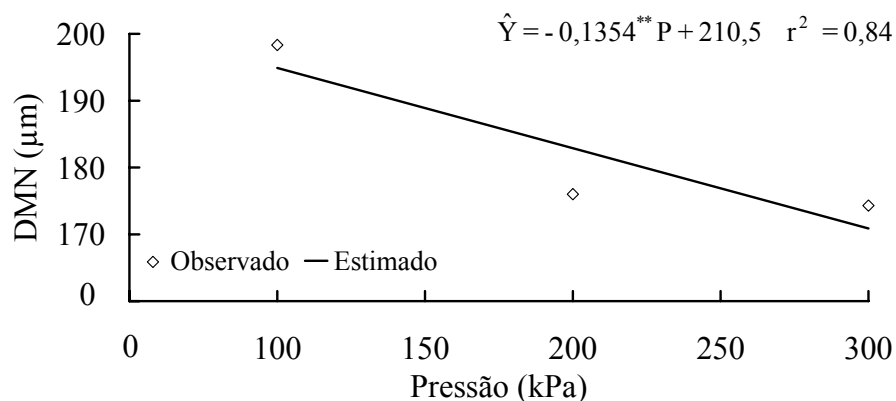
Os valores referentes ao espectro de gotas em função da pressão de trabalho são apresentados nas Figuras 2 a 4.



** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Figura 2. Estimativa do Diâmetro da mediana volumétrica (DMV) para os bicos 80-EF-015 em função das pressões

O diâmetro da mediana volumétrica estimado tende a diminuir com o aumento da pressão de trabalho, variando de 549 µm à pressão de 100 kPa para 419 µm à pressão de 300 kPa. Observa-se uma correlação linear entre o diâmetro da mediana volumétrica e a pressão. Os valores obtidos estão dentro do limite ideal proposto por Barthelemy et al. (1990), para que as pulverizações possam ser realizadas em condições normais, sem que o fenômeno da deriva venha comprometer as operações.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

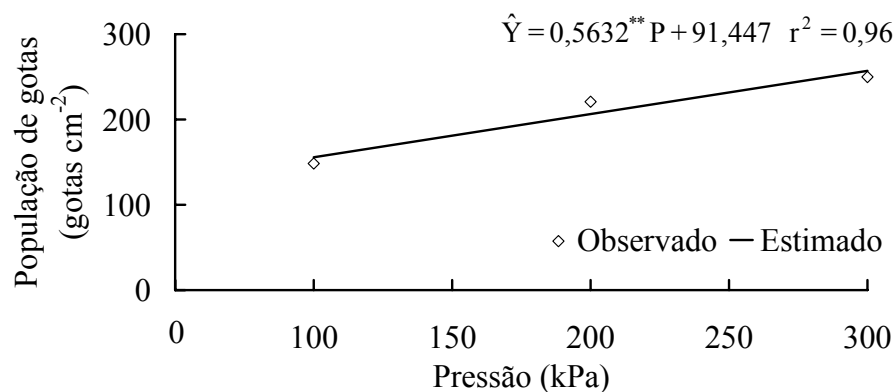
Figura 3. Estimativa do Diâmetro da mediana numérica (DMN) para os bicos 80-EF-015, em função das diferentes pressões

Observa-se que com o aumento da pressão houve uma diminuição do diâmetro da mediana numérica estimada, variando de 197 µm, à pressão de 100 kPa, para 170 µm à pressão de 300 kPa. Os valores estão acima do limite mínimo de 100 µm sugerido por

Márquez (1997) para uma aplicação segura. Para pressões superiores às estudadas, deve-se considerar com maior rigor a velocidade do vento, pois há uma tendência de produção de gotas com diâmetros menores, o que facilita a deriva.

O diâmetro da mediana numérica deve ser analisado em conjunto com o diâmetro da mediana volumétrica, possibilitando a avaliação do espectro de gotas e do coeficiente de homogeneidade.

Houve um aumento da densidade populacional das gotas com o aumento da pressão. A população de gotas estimada variou de 148 gotas cm^{-2} a 100 kPa de pressão para 260 gotas cm^{-2} à pressão de 300 kPa. Estes valores mostram que o número de impactos por unidade de superfície, proporcionados pelo conjunto de bicos em todas as pressões estudadas, é superior ao mínimo recomendado para uma boa aplicação de herbicidas (30 a 40 gotas cm^{-2}), segundo Barthelemy et al. (1990).



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 4. Estimativa da população de gotas, em função da pressão (P), proporcionada pelos bicos 80-EF-015

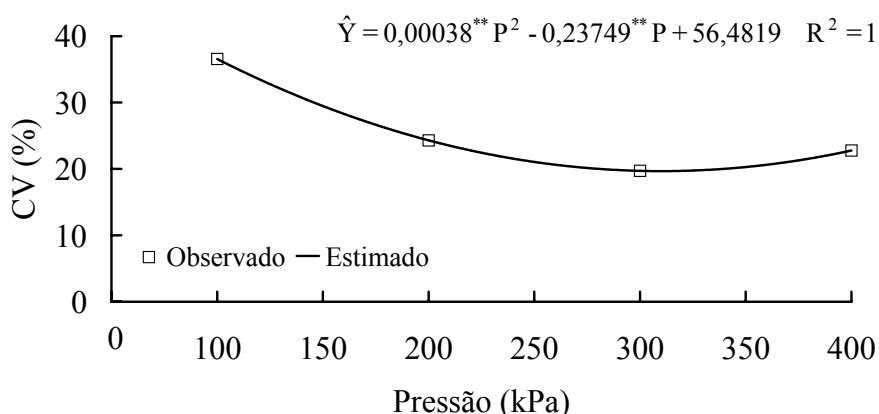
A porcentagem de cobertura (COB) e o coeficiente de homogeneidade (CH) não foram afetados de forma estatisticamente significativa pelo aumento da pressão, quando submetidos à análise de variância. Verifica-se que as gotas produzidas proporcionaram boa cobertura e foram bastante uniformes, o que, de certa forma, contribuiu para boa eficácia das aplicações. O coeficiente de homogeneidade médio situou-se no limite de 2 a 5, proposto por Carrero (1996), para uma boa aplicação (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de cobertura (COB) e coeficiente de homogeneidade (CH) proporcionada pelos bicos 80-EF-015 em função da variação da pressão

Pressão (kPa)	COB (%)	CH
100	9,878	2,778
200	11,742	2,734
300	11,788	2,428

• **Uniformidade de distribuição**

A uniformidade da distribuição volumétrica transversal, proporcionada por diferentes pressões, é apresentadas na Figura 5.



** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Figura 5. Estimativa do coeficiente de variação (CV) da distribuição volumétrica proporcionada pelos bicos 80-EF-015 em diferentes pressões

A melhor uniformidade de distribuição estimada foi obtida à pressão de 312,49 kPa, com o coeficiente de variação estimado de 19,38%. Este valor é superior ao permitido pelo Comitê Europeu de Normalização que estabelece o limite máximo de 9%, quando o equipamento trabalha em condições fora dos parâmetros recomendados pelo fabricante e 7% obedecendo aos parâmetros do fabricante.

Os bicos apresentaram desuniformidade da distribuição volumétrica bastante acentuada nas extremidades do jato, o que contribuiu de maneira significativa para o aumento dos coeficientes de variação.

Ensaio de campo

As espécies das plantas daninhas presentes na área experimental e sua porcentagem de ocorrência estão relacionadas na tabela 4.

Tabela 4. Plantas daninhas presentes na área experimental e a porcentagem relativa de cada espécie

Espécie	Porcentagem
<i>Emilia sonchifolia</i> (falsa serralha)	18,48
<i>Amaranthus deflexus</i> (caruru rasteiro)	15,58
<i>Digitaria insularis</i> (capim amargoso)	12,92
<i>Bidens pilosa</i> (picão preto)	11,35
<i>Digitaria horizontalis</i> (capim colchão)	10,18
<i>Sonchus oleraceus</i> (serralha)	9,63
<i>Ageratum conyzoides</i> (mentrasto)	8,14
<i>Cynodon dactylon</i> (grama seda)	5,32
<i>Ipomoea aristolochiaefolia</i> (corda-de-viola)	3,75
<i>Borreria alata</i> (poaia-do-campo)	1,33
<i>Imperata brasiliensis</i> (sapé)	1,02
<i>Erigeron bonariensis</i> (buva)	0,7
Outras	1,6

Os valores efetivamente obtidos para faixa de aplicação, o volume da calda, e doses de glifosate aplicada em função da pressão, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Faixa de aplicação, volume de calda e dose de glifosate efetivamente obtidos em função da pressão de trabalho

Pressão (kPa)	Faixa (m)	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)	Dose menor (i.a) (g ha ⁻¹)	Dose maior (i.a) (g ha ⁻¹)
100	1,35	110,0	1055	2110
200	1,40	210,0	1008	2016
300	1,45	292,0	936	1870

O volume de aplicação para todas as pressões, bem como as doses do glifosate foram corrigidos em função da velocidade efetivamente obtida durante os ensaios, uma vez que, no preparo da calda, as diluições foram feitas considerando o volume de aplicação de 100, 200 e 300 L h⁻¹ para as pressões de 100, 200 e 300 kPa, respectivamente.

A faixa de aplicação se manteve uniforme para cada tratamento, mostrando que a barra de pulverização foi mantida na altura proposta de 0,4 m entre os bicos e a superfície do solo.

A temperatura inicial por ocasião da aplicação foi de 25°C e no final foi de 27°C. A umidade relativa variou de 70%, inicialmente, até 64%, ao final das aplicações. Esses parâmetros estão dentro dos limites de tolerância propostos para permitir que as gotas atinjam o alvo sem perdas significativas por evaporação. A velocidade média do vento foi de 0,8 m s⁻¹, com picos máximos de 2 m s⁻¹.

A avaliação feita aos 15 dias após a aplicação mostrou que algumas plantas daninhas ainda continuavam vivas, porém, encontravam-se bastante danificadas com sinais fortes de intoxicação. A planta daninha *Cynodon dactylon* foi a que permaneceu viva por mais tempo, provavelmente, em consequência do tamanho das touceiras que ultrapassavam os limites da faixa de aplicação, não recebendo a dosagem ideal para o seu controle.

As avaliações da eficácia quanto ao número de plantas e biomassa feitas 30 dias após as aplicações estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Eficácia dos tratamentos com glifosate em função da biomassa seca, do total de plantas daninhas e avaliação visual aos 30 dias após a aplicação

Pressão (kPa)	Volume (L ha ⁻¹)	Eficácia (%)*					
		Número de plantas		Biomassa		Visual*	
		Dose menor	Dose maior	Dose menor	Dose maior	Dose menor	Dose maior
100	110	97,90	99,47	99,22	99,98	99,00	99,00
200	210	99,70	98,70	99,76	99,84	100,00	98,00
300	292	98,47	99,52	99,04	99,92	99,00	99,00

* Porcentagem em relação à testemunha sem herbicida

Não houve diferença significativa entre os tratamentos. A eficácia não foi influenciada pelo aumento da pressão de trabalho do pulverizador, do volume de calda e da dose do herbicida. Todos os tratamentos apresentaram excelente eficácia, com valores superiores a 98% para todas as espécies presentes. As plantas daninhas que restaram foram muito danificadas, visto que, visualmente, apresentavam fortes sinais de danos (Figura 6).



Figura 6. Plantas daninhas antes (a) e 30 dias após a aplicação do herbicida (b).

Nenhum sinal de impacto de gotas foi verificado nas etiquetas de papel hidrossensível, mostrando a boa proteção das plantas por parte do equipamento, o que foi confirmado com uma avaliação visual aos 30 dias após as aplicações. Nesta época nenhuma planta apresentou sinais de intoxicação característica do herbicida.

CONCLUSÕES

1. A uniformidade de distribuição, o espectro de gotas produzido e a porcentagem de cobertura proporcionada pelo equipamento possibilitaram obter eficácia com doses reduzidas semelhante à observada com dose normal, possibilitando a redução de 50% da quantidade do herbicida, nas condições dos ensaios.
2. A distribuição da calda, proporcionada pelo equipamento, permitiu que o volume de aplicação de 110 L ha^{-1} proporcionasse resultados equivalentes aos

obtidos com as aplicações com 292 L ha⁻¹, proporcionando uma redução de 62% do volume da calda.

3. O controle das plantas daninhas foi uniforme em toda a linha de plantio, sendo que todas as plantas daninhas foram eficazmente controladas, independente da dose, do volume de calda e da pressão utilizada.

4. Não foi observado nenhum sinal de toxicidade do herbicida na cultura sugerindo que o equipamento é seguro para esse tipo de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, E.N. Avaliação de herbicidas para cafeeiros em formação. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos expandidos... Brasília, DF: EMBRAPA CAFÉ, 2000b. v.2, p.967-970.
- Alcântara, E.N., Carvalho, G.R. de. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento de cafeeiros em formação. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos expandidos... Brasília, DF: EMBRAPA CAFÉ, 2000. v.2, p.1004-1006.
- Barthelemy, P.; Boisgontier, D.; Jouy, L.; Lajoux, P. Choisir les outils de pulverisations. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages – ITCF, 1990. 160p.
- Carrero, J.M. Maquinaria para tratamientos fitosanitarios. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 159p.
- Dexter, G.A. Weed control guide for sugarbeet. Sugarbeet Research and Extension Reports, 1995. Renville. vol. 25.
- Fernandes, D.R. Manejo do cafeeiro no Brasil. In: Malavolta, E., Yamada, T., Guidolin, J.A. (coords.). Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. p.55-75.
- Lefebvre, A.H. Atomization and sprays. International Series: Combustion. Hemisphere Publishing Corporation. 1989. 421p.
- Márquez, L. Aplicaciones en cultivos bajos y hortícolas: problemática y soluciones: Curso de aplicación ecocompatible de productos fitosanitarios. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 28040 Madrid.1994. 28 p.
- Márquez, L. Tecnologia para la aplicación de defensivos agrícolas. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba. Brasil. 1997. 27p.

- Njoroge, J.M. Weeds and weed control in coffee. *Experimental Agriculture*, v.30, p. 421-429, 1994.
- Oliveira, E.G., Gelmini, G.A. Como aplicar herbicidas. *A Granja*, v. 36, n. 390. p. 48-54, 1980.
- Robert, G.W. Weed and sugarbeet response to postemergence applications of DPX-66037, clopyralid, ethofumesate, and desmediphan plus phenmediphan. *Sugarbeet Research and Extension Reports*. 1995. Vol. 25.
- Ronchi, C.P.; Silva, A.A., Ferreira, L.R. Manejo de plantas daninhas em lavouras de café. Suprema Gráfica e Editora. Viçosa-MG. 2001. 94p.
- Ronchi, C.P.; Silva, A.A.; Ferreira, L.R. Efeito dos bicos Turbo Floodjet e Espuma na eficácia e seletividade do *Glyphosate* em aplicação dirigida na linha de café (*Coffea arabica* L.) com um ano de idade. In: Simpósio de Iniciação Científica, 8, 1999, Viçosa, MG. Resumos... Viçosa, MG: UFV, 1999a. p.225.
- Ronchi, C.P., Silva, A.A., Ferreira, L.R., Melo, H.B. Efeito Da deriva simulada de diversos herbicidas sobre mudas de café (*Coffea arabica* L.) com nove meses de idade a campo. In: Simpósio de Iniciação Científica, 8, 1999, Viçosa, MG. Resumos... Viçosa, MG:UFV, 1999b. p.229.
- Teixeira, M.M. Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica. Madrid – Universidad Politécnica de Madrid. (Tesis Doctoral). 1997. 310p.

CONCLUSÕES GERAIS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um pulverizador para aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação, cultivadas em regiões montanhosas, avaliar o seu desempenho e a eficácia dos tratamentos. Buscou-se construir um equipamento que permitisse a aplicação de herbicidas, promovendo o controle das plantas daninhas em toda a extensão da linha de plantio, oferecendo proteção à cultura contra a deriva.

Os bicos, quando testados individualmente, mostraram que as pressões entre 200 e 300 kPa e alturas entre 0,4 e 0,5 m proporcionaram a melhor distribuição volumétrica, resultando em parâmetros ideais para trabalho. A melhor distribuição volumétrica com os bicos colocados aos pares na barra de pulverização foi proporcionada pelos bicos 80-EF-02, trabalhando na pressão de 400 kPa. Os valores do espectro das gotas, DMN e DMV, diminuíram com o aumento da pressão, enquanto a população de gotas aumentou. A porcentagem de cobertura e o coeficiente de homogeneidade não foram influenciados pela pressão, permanecendo dentro dos limites considerados ótimos para se fazer uma boa aplicação.

Trabalhando à pressão de 500 kPa, a bomba exigiu uma potência de 61,71 W, mostrando que o conjunto tem uma autonomia mínima de 7,8 h, quando alimentado por uma bateria de 12 V e 40 Ah.

A vazão fornecida pela bomba foi suficiente para proporcionar aplicações do herbicida, utilizando a barra de pulverização, juntamente com o dispositivo protetor, em uma faixa de 1,40 m, cobrindo as duas laterais do cafeeiro, simultaneamente.

Em razão da boa uniformidade de distribuição, do espectro de gotas produzido e da porcentagem de cobertura proporcionada pelo equipamento, foi possível obter excelente eficácia com doses e volumes reduzidos. O controle foi uniforme em toda a linha de plantio, sendo que todas as plantas daninhas foram eficazmente controladas, independente da dose, do volume de calda e da pressão utilizada. Todos os tratamentos apresentaram eficácia superior a 98%, sendo considerados excelentes.

A proteção quanto à deriva foi considerada total, sendo que nenhum sinal de impactos de gotas foi observado na superfície da planta, por ocasião dos ensaios, e nenhum sinal de intoxicação foi observado na cultura até 30 dias após as aplicações.

O peso do equipamento abastecido foi compatível com a carga que um animal pode transportar durante uma jornada de trabalho.