

RENATO ADRIANE ALVES RUAS

**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DO GLYPHOSATE PARA
CERTIFICAÇÃO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

RENATO ADRIANE ALVES RUAS


**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DO GLYPHOSATE PARA
CERTIFICAÇÃO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

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

APROVADA: 06 de agosto de 2007.



Prof. Antônio Alberto da Silva
(Co-Orientador)




Prof. Luciano Baião Vieira



Prof. Lino Roberto Ferreira



Prof. Julião Soares de Souza Lima



Prof. Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

Aos meus pais, Apolônio e Maria José.

Aos meus irmãos, Pollyana e Fernando.

Ao meu sobrinho, João Gabriel.

Ao meu cunhado, Wilson.

À Simone, minha eterna paixão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai de infinita bondade.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso de Pós-graduação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Mauri Martins Teixeira, pelo incentivo, pelos ensinamentos, pela orientação e amizade.

Ao professor Antônio Alberto da Silva e ao pesquisador Dr. Rogério Faria Vieira, pela dedicação, pela paciência e pelas orientações seguras durante a condução deste trabalho.

Ao professor Haroldo Carlos Fernandes, pela confiança, amizade e sugestões.

Ao professor Fernando Pinheiro Reis, pela orientação durante as análises estatísticas.

Ao professor Ricardo Capúcio de Resende, pelo auxílio na montagem do pulverizador.

Ao professor Dilermando Miranda da Fonseca, pela concessão da área para realização do experimento de campo.

Ao professor Luiz Cláudio Costa, pela inestimável ajuda durante o período sem bolsa de estudos.

Aos colegas Wagner, Fabiane, Alisson, Ronaldo, Walter, Murilo, Selma, Mário, João Cléber, Gérson, Paula, Henrique, Willian, Leonardo, Diogo, Danilo e Geice, pelas sugestões, pela amizade e apoio.

Aos meus pais, Apolônio e Maria José pelo inigualável amor, pela minha formação e pelo constante apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos Pollyana e Fernando, pelo incentivo e confiança.

Ao meu sobrinho João Gabriel, pela força e alegria transmitida na inocência de uma criança.

Ao meu cunhado Wilson, pela amizade e confiança.

À Simone, minha eterna namorada, pelo carinho, pela cumplicidade e apoio durante a realização deste trabalho.

Aos funcionários da Área de Mecanização Agrícola, Danilo, Marcelo, Geraldo e Vantuil, pelo apoio na condução do experimento.

Ao funcionário do Departamento de Fitotecnia Luiz Henrique Lopes de Freitas, pelo apoio e presteza durante a avaliação dos experimentos.

Ao funcionário Geraldo Magela de Araújo Mol, pela concessão da casa de vegetação do IEF, para realização do experimento.

Aos funcionários, Galinari, Marcos, José Mauro, Juvercino, Claudenilson, Dona Maria José, Edna, Renato, Fátima, Jurandir e Ednaldo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Renato Adriane Alves Ruas, filho de Apolônio Vieira Ruas e Maria José Alves Ruas, nasceu em 07 de outubro de 1975, em Montes Claros, Estado de Minas Gerais.

Em 1997, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em 10 de maio de 2002.

Em março de 2002, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Mecanização Agrícola e submetendo-se à defesa de dissertação em 10 de fevereiro de 2004.

Em março de 2004, iniciou o Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Mecanização Agrícola e submetendo-se à defesa de tese em 06 de agosto de 2007.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
Introdução	1
Bibliografia	4
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO PARA A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS RASTREÁVEIS DA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS	6
Resumo.....	6
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	17
Conclusões	24
Bibliografia	25
TOLERÂNCIA DA <i>Brachiaria decumbens</i> AO GLYPHOSATE APLICADO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS	27
Resumo.....	27
Abstract	27
Introdução	28
Material e Métodos	30
Resultados e Discussão	32
Conclusões	34
Bibliografia	34
ESTIMATIVA DE PARÂMETROS TÉCNICOS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DO GLYPHOSATE NO CONTROLE DE <i>Brachiaria decumbens</i>	36
Resumo.....	36
Abstract	37
Introdução	37
Material e Métodos	40
Resultados e Discussão	46
Conclusões	58
Bibliografia	59
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PONTAS HIDRÁULICAS EMPREGADAS NO CONTROLE DE <i>Brachiaria decumbens</i>	61
Resumo.....	61
Abstract	61
Introdução	62

Material e Métodos	64
Resultados e Discussão	71
Conclusões	80
Bibliografia	81
RESUMO E CONCLUSÕES	82
ANEXOS	84

RESUMO

RUAS, Renato Adriane Alves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2007. **Tecnologia de aplicação do glyphosate para certificação de produtos agrícolas.** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Co-Orientadores: Haroldo Carlos Fernandes, Antônio Alberto da Silva e Rogério Faria Vieira.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de definir parâmetros da aplicação de glyphosate, para o controle de *Brachiaria decumbens*, usando um sistema de pulverização centrífuga, visando a certificação de produtos agrícolas. O sistema de pulverização foi desenvolvido de modo a proporcionar condições uniformes de pulverização, permitindo obter repetibilidade nas aplicações. Foram determinadas as características técnicas quanto ao perfil e uniformidade de distribuição volumétrica, além do espectro e da população de gotas proporcionadas pelas diferentes condições de operação do pulverizador. Em seguida, selecionaram-se, por meio de ensaio em casa de vegetação, as doses do glyphosate mais adequadas para o controle de *B. decumbens*, as quais foram empregadas no estabelecimento dos parâmetros técnicos da tecnologia de aplicação do herbicida. Os tratamentos utilizados no estabelecimento desses parâmetros constaram de 30 combinações, proporcionadas por cinco rotações do dispositivo rotativo do pulverizador centrífugo (105, 157, 210, 262 e 315 rad s⁻¹) e de seis velocidades de deslocamento (0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 km h⁻¹). Foram avaliados o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a densidade populacional das gotas de pulverização (DEN) e a porcentagem de cobertura do alvo (COB), os quais foram relacionados com a eficácia do controle de *B. decumbens*. Os tratamentos foram realizados aos 20, 40 e 60 dias após a emergência das plantas (DAE). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 30 tratamentos, três testemunhas e cinco repetições. Haviam 465 unidades experimentais constituídas por plantas de *B. decumbens* cultivadas em vaso de polietileno contendo 3,5 kg de substrato (solo + fertilizante). Os dados foram analisados por meio de regressão múltipla, sendo que a escolha dos

modelos baseou-se na significância dos coeficientes de regressão e no coeficiente de determinação (R^2). Para validação dos resultados obtidos em casa de vegetação, realizou-se experimento em campo utilizando-se três tratamentos que proporcionaram controle satisfatório em casa de vegetação. O experimento foi realizado em fatorial 3 x 3; três velocidades de pulverização (3,5; 5,5 e 6,5 km h⁻¹) e três doses de glyphosate (300, 720 e 1.080 g ha⁻¹), em delineamento de blocos casualizados. As unidades experimentais constaram de áreas de 15 m², formadas por pastagem de *B. decumbens*. Foram selecionadas pontas hidráulicas, que proporcionavam espectros e populações de gotas semelhantes àqueles de controle satisfatório, obtido na casa de vegetação. Os resultados de eficácia no ensaio de casa de vegetação e no campo foram analisados por meio de avaliações visuais e produção de biomassa seca. Foi observado que o sistema de pulverização centrífuga proporcionou maior distribuição de líquido nas extremidades, em relação ao centro do jorro de pulverização, para todas as rotações analisadas. Esse fato resultou em elevados coeficientes de variação da uniformidade de distribuição volumétrica, quando os perfis foram analisados isoladamente. Maiores rotações proporcionaram maiores uniformidades de distribuição volumétrica e maiores faixas úteis de pulverização. O diâmetro das gotas diminuiu com o aumento das rotações e velocidades do pulverizador. Essas mudanças foram progressivamente menores, indicando a existência de um limite mínimo de diâmetro de gotas. A densidade de gotas e a porcentagem de cobertura apresentaram resposta linear positiva com as rotações e linear negativa com as velocidades de deslocamento. A dose de 100 g ha⁻¹ de glyphosate reduziu em 89 % a biomassa seca das plantas, aos 30 dias após a aplicação (DAA), quando aplicado aos 20 DAE. A dose de 400 g ha⁻¹ reduziu em 100 % a biomassa seca, em todas as épocas de aplicação. De acordo com os modelos, DMV e COB apresentam-se com sinal negativo, mostrando que à medida que são aumentados, ocorre redução na eficácia do controle. Entretanto, o sinal positivo encontrado nas médias de DEN indica aumento na eficácia dos tratamentos quando se aumentam as densidades de gotas depositadas sobre o alvo. Ótimos controles (> 91 %) podem ser obtidos operando-se o pulverizador de modo a proporcionar DMV de 327, 441 e 487 µm, cobertura de 2,51; 4,59 e 5,58 % para as épocas de aplicação de 20, 40 e 60 DAE, respectivamente, desde que a DEN seja de 30 gotas cm⁻².

ABSTRACT

RUAS, Renato Adriane Alves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2007.
Technical the application of glyphosate to agricultural product certifications. Adviser: Mauri Martins Teixeira. Co-advisers: Haroldo Carlos Fernandes, Antônio Alberto da Silva and Rogério Faria Vieira.

This study was carried out to define parameters for glyphosate application in controlling the *Brachiaria decumbens* grass, by using a centrifugal pulverization system to establish possible technical criteria that can be screened. The pulverization system was developed on such a way to provide uniform pulverization conditions, therefore turning possible the obtainment of repeatability in applications. The technical characteristics concerning to the profile and volumetric distribution uniformity, besides the spectrum and population of the drops provided by different operational conditions. Then, those doses of the glyphosate CS 360 more appropriate to controlling *B. decumbens* were selected under greenhouse conditions and were used to establishing the technical parameters of the herbicide application technology. To establishing those parameters, the treatments consisted of thirty combinations provided by five rotations of the rotary device of the centrifugal sprayer (105, 157, 210, 262 and 315 rad s⁻¹) and six displacement speeds (0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 Km h⁻¹). The volumetric medium diameter (DMV), the population density of the spraying drops (DEN) and the percent target covering (COB) were evaluated, then related to the effectiveness in controlling *B. decumbens*. The treatments were analyzed at 20, 40 and 60 days after emergency of the plants. The entirely randomized experimental design was used with 30 treatments, three controls and five replicates. A total of 465 experimental units were constituted by polyethylene pots. The multiple regression analysis was used to analyze the data, and the choice of the models was based on either significance of the regression coefficients and the determination coefficient (R²). To validate the treatments, a field assay was accomplished, by using three

treatments that provided satisfactory controls under greenhouse conditions. The experiment was set up under a factorial scheme 3 x 3, that is three spraying speeds (3.5; 5.5 and 6.5 km h⁻¹) and three glyphosate doses (300, 720 and 1,080 g ha⁻¹), according to the randomized block design. The experimental units consisted of 15m² areas, composed by *B. decumbens* pasture. Four hydraulic nozzles that would provide spectra and populations drops similar to those with satisfactory control obtained under greenhouse conditions were selected. The results for effectiveness in the assay under field and greenhouse conditions were analyzed as a function of visual analyses and dry biomass. The centrifugal spraying provided higher liquid distribution at extremities, relative to the center of the spraying jet center, for all rotations under analysis. This resulted into high variation coefficients in the volumetric distribution uniformity, when profiles were separately analyzed. Higher rotations provided higher volumetric distribution uniformities and higher useful spraying ranges. The drop diameters decreased as the rotations and sprayer speeds were increased. Those changes were progressively lower, so indicating there was a minimal limit of the drop diameters. The drop densities and the covering percentage showed positive linear response with the rotations, but linear negative response with the displacement speeds. At 30 DAA, the dose of 100 g ha⁻¹ glyphosate caused 89 % reduction in the dry biomass content of the plants, when applied at 20 DAE. At 40 and 60 DAE, the dose of 400 g ha⁻¹ caused 100 % reduction in the dry biomass. DMV and COB present negative sign, therefore showing that as the diameter of the produced drops and the percent target covering are increased, the reduction in the control effectiveness occurs. However, the positive sign found for DEN averages rather points out the increased effectiveness of the treatments, when densities of the drops deposited on the target are increased. Optimum controls (> 91%) can be obtained, by operating the sprayer on such a way to provide DMV of 327, 441 and 487 µm, covering of 2.51, 4.59 and 5.58 % for the growth stages 20, 40 and 60 DAE of the plants, respectively, since DEN is 30 drops cm⁻².

INTRODUÇÃO

Atualmente, técnicos responsáveis pelo cultivo de grandes áreas agrícolas têm como desafio a utilização de produtos químicos e, ao mesmo tempo, atender as necessidades de preservar o ambiente, produzir alimentos de baixo custo, livres de resíduos de agrotóxicos e, ainda, garantir a sustentabilidade do sistema agrícola. Para atender essas necessidades, é primordial que o produtor disponha de parâmetros técnicos que permitam monitorar e avaliar a qualidade das aplicações dos agrotóxicos.

Considerando todos os agrotóxicos utilizados, aproximadamente 60 % destes são herbicidas e, entre estes compostos, o mais utilizado no mundo é o glyphosate. Trata-se de um herbicida sistêmico, não seletivo e altamente solúvel em água. Seu mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, essenciais à síntese de proteínas e divisão celular nas regiões meristemáticas das plantas (SHANER e BRIDGES, 2003).

Glyphosate é o herbicida mais utilizado para o controle em pós-emergência de plantas daninhas, tanto de folha larga como de folha estreita. Dentre as gramíneas infestantes de grande importância no Brasil, destaca-se a *Brachiaria decumbens*, comumente conhecida como capim-braquiária. Embora considerada forrageira de excelente qualidade, esta espécie se destaca pela agressividade e tolerância à maioria dos herbicidas registrados (LORENZI, 2000). Plantas de *B. decumbens*, que crescem juntamente com plantas de café, podem causar redução de até 42 % na matéria seca destas plantas (RONCHI *et al.*, 2000a; RONCHI *et al.*, 2000b). Além disso, essa invasora possui significativo potencial de interferência no desenvolvimento de culturas importantes, como soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*), feijão (*phaseolus vulgaris*) e eucalipto (*Eucalyptus grandis*) (SOUZA *et al.*, 2003; MACIEL *et al.*,

2003). Para o controle dessa planta daninha, alguns produtores têm aplicado o glyphosate, porém, algumas aplicações são realizadas de modo inadequado.

Apesar de ser considerado pouco tóxico ao ser humano e aos animais, o glyphosate causa elevada fitotoxicidade em quase todas as espécies vegetais, podendo ser prejudicial à maioria das culturas, principalmente, se não for evitada a deriva. Além disso, aplicações indiscriminadas de agrotóxicos podem resultar em seleção de espécies tolerantes ou de biótipos resistentes, redução da biodiversidade e acúmulo de resíduos desses produtos nos alimentos e no meio ambiente (SILVA, *et al.*, 2007).

Este fato tem levado alguns países a adotarem o Limite Máximo de Resíduos (LMR) de agrotóxicos presentes nos alimentos como restrição fitossanitária à entrada de produtos agrícolas em seus mercados. LMR é a máxima concentração oficialmente permitida de um agrotóxico que poderá estar presente no alimento para consumo humano, sem causar dano observável (POZZAN, 2000). Os LMRs são estabelecidos pela Comissão do Codex Alimentarius, um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação e da Organização Mundial de Saúde, cuja principal função é proteger a saúde de consumidores e estabelecer programas de controle dos alimentos. De acordo com esse código, o LMR de glyphosate para a cultura da soja é de 20 mg kg⁻¹, milho, 5 mg kg⁻¹; cana-de-açúcar, 2 mg kg⁻¹ e banana 0,05 mg kg⁻¹ (FAO, 2007).

Tanto os Estados Unidos da América como a Comunidade Econômica Européia adotam medidas rigorosas de fiscalização, na entrada de produtos agrícolas em seus territórios. Constantemente, são implementados programas de monitoramento de resíduos de agrotóxicos, ou de outros agentes contaminantes para garantir a qualidade e a segurança alimentar da população (POZZAN, 2000). Ademais, alguns países já adotam Códigos de Boas Práticas Agrícolas (GAP's), uma estrutura normativa que estabelece elementos essenciais para melhor prática agrícola, envolvendo aspectos técnicos, sociais e ambientais (SILVA *et al.*, 2000).

Há alguns anos, o mercado globalizado já sinaliza para a crescente busca por processos de certificação de produtos agropecuários, sendo notório o aumento da exigência dos consumidores quanto à rastreabilidade e garantia de produtos saudáveis, sem resíduos de agrotóxicos e oriundos de ambientes socialmente corretos (TEIXEIRA *et al.*, 2003).

Atualmente, a maioria das aplicações é realizada empregando-se pulverizadores hidráulicos. Nesses equipamentos, as pontas de pulverização são os componentes mais importantes, pois, influenciam diretamente a qualidade e segurança da aplicação (TEIXEIRA, 1997). Elas têm as funções de fragmentar e distribuir o líquido em pequenas gotas, além de controlar a vazão (SIDAHMED, 1998).

Geralmente, o tamanho das gotas produzidas pelas pontas hidráulicas é desuniforme, o que, muitas vezes, resulta em aplicações com baixos controles. Entretanto, existem equipamentos capazes de produzir gotas mais uniformes, como os pulverizadores centrífugos, que podem produzir espectros e populações de gotas com excelentes coeficientes de homogeneidade (LAGUNA, 2000).

O diâmetro das gotas afeta, consideravelmente, o movimento do jorro em direção ao alvo e sua deposição, a penetração do produto no dossel da planta e a uniformidade de distribuição do líquido sobre o alvo (FAROOQ *et al.*, 2001). Assim, quando se trata de monitorar e avaliar a qualidade de uma pulverização é importante caracterizar o espectro e a população de gotas produzidas, pois, dessa forma, é possível adequar a tecnologia de aplicação ao controle que se deseja obter e, ao mesmo tempo, atender os quesitos das boas práticas agrícolas.

Portanto, é importante estabelecer parâmetros para se definir tecnologias de aplicação de agrotóxicos que preservem o meio ambiente, reduzam custos de produção e atendam as restrições fitossanitárias impostas pelos mercados consumidores.

Neste trabalho, tem-se como objetivo geral:

- Estabelecer parâmetros técnicos para a aplicação de glyphosate no controle de *B. decumbens*, que atendam aos princípios das boas práticas agrícolas visando à certificação de produtos agrícolas.

Como objetivos específicos, têm-se:

- Desenvolver e avaliar o desempenho de um sistema de pulverização, para determinar e estabelecer parâmetros rastreáveis da aplicação de agrotóxicos quanto ao espectro e população de gotas;
- Determinar a tolerância *B. decumbens* ao glyphosate aplicado em diferentes estádios de crescimento das plantas;

- Estabelecer parâmetros da tecnologia de aplicação do glyphosate no controle de *B. decumbens*, quanto ao espectro e população de gotas;
- Avaliar as características técnicas de pontas hidráulicas empregadas no controle de *B. decumbens*.

BIBLIOGRAFIA

FAO / WHO FOOD STANDARDS – <http://www.codexalimentarius.net>. Acesso: 15/07/2007.

FAROOQ, M. R.; BALACHANDAR, D.; WULFSOHN, T. M. W. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.

LAGUNA, A. **Maquinaria agrícola. Construcción, funcionamiento, regulaciones y cuidados**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 361 p., 2000.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 624 p., 2000.

MACIEL, C. D. G.; CORRÊA, M. R.; ALVES, E.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F. Influência do manejo da palhada da Capim-Brachiaria (*Brachiaria decumbens*) sobre o desenvolvimento inicial de soja (*Glycine max*) e Amedoin-bravo (*Euphorbia heterophylla*). **Planta Daninha**. Viçosa, MG. v.21, n.3, p.365-373, 2003.

POZZAN, M. Monitoramento da Aplicação de Defensivo na Citricultura. In: DONADIO, L.C., STUCHI, E. S. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – PRODUÇÃO INTEGRADA, 6°. 2000. BEBEDOURO, SP. **Anais**. BEBEDOURO. Fundação Cargill, p. 217-232, 2000.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Avaliação da interferência de *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* e *Commelina diffusa* sobre o desenvolvimento de plantas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu-PR. **Resumos...** . Londrina, PR: SBCPD, p.11, 2000a.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Avaliação da interferência de *Leonurus sibiricus*, *Nicandra physaloides* e *Sida rhombifolia* sobre o desenvolvimento de plantas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu-PR. **Resumos...** . Londrina, PR: SBCPD, p.12, 2000b.

SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, p. 514-529, 2003.

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

SILVA, A. S. S.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L.; SILVA, C. M. M. In: DONADIO, L.C., STUCHI, E. S. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – PRODUÇÃO INTEGRADA, 6º, 2000. BEBEDOURO, SP. **Anais**. BEBEDOURO. Fundação Cargill, p. 1-36, 2000.

SILVA, A. A. da; VARGAS, L.; FERREIRA, E.; A. Herbicidas: resistência de plantas. **In.**: SILVA, A. A. da; SILVA, J. F. E. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Ed. UFV, Viçosa, MG, 367 p., 2007.

SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MAIOMONI-RODELLA, R.S.Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de Capim-brachiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p. 343-354, 2003.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TEIXEIRA, M. M.; RODRIGUES, G. J.; CUNHA, J. P. R. Rastreabilidade – Uma Nova Meta para a Fruticultura Nacional. In: ZAMBOLIN, L. **Manejo Integrado; produção integrada; fruteiras tropicais; doenças e pragas**. Viçosa, p. 457-516. 2003.

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO PARA A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS RASTREÁVEIS DA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

RESUMO

Equipamentos convencionais de aplicação normalmente resultam na produção de gotas desuniformes, o que favorece o aumento de perdas. Objetivou-se com este trabalho, desenvolver e avaliar o desempenho de um sistema de pulverização centrífugo, para definição de parâmetros rastreáveis da aplicação de agrotóxicos. O sistema experimental de pulverização foi constituído por uma estrutura de metalon, sob a qual foi adaptado um suporte para acoplamento do pulverizador centrífugo. A estrutura permitia o deslocamento do pulverizador em diferentes velocidades e rotações. A avaliação do sistema de pulverização consistiu na determinação do perfil e na uniformidade de distribuição volumétrica, além dos espectros e populações de gotas proporcionadas pelo pulverizador, operando nas rotações de 105; 157; 210; 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 km h⁻¹. Maiores rotações proporcionaram maiores uniformidades de distribuição volumétrica e maiores faixas úteis de pulverização. O diâmetro das gotas diminuiu com o aumento das rotações e velocidades do pulverizador. A densidade de gotas e a porcentagem de cobertura apresentaram resposta linear positiva com as rotações e linear negativo com as velocidades de deslocamento do pulverizador.

Palavras-chaves: pulverizadores, tecnologia de aplicação, rastreabilidade.

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF SPRAYING SYSTEM FOR DETERMINING THE SCREENABLE PARAMETERS FOR THE APPLICATION OF PESTICIDES

ABSTRACT

The conventional application equipments usually result into production of nonuniform drops, which favors the increase in losses. This study was carried out to develop and evaluate the performance a centrifugal spraying system for determination of screenable parameters for the application of pesticides. The experimental spraying system was constituted by a metalon structure under which a

support for connecting the centrifugal sprayer was adapted. The structure allowed for displacement of the sprayer at different speeds and rotations. The spraying system assay consisted into evaluation of either profile and the volumetric distribution uniformity, besides the spectra and populations of the drops provided by the sprayer operating at several rotations (105; 157; 210; 262 and 315 rad s⁻¹ and speeds (0.5; 1.0; 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 km h⁻¹). Higher rotations provided higher volumetric distribution uniformities and higher useful pulverization ranges. The diameter of the drops decreased with the increased rotations and sprayer speeds. The drop densities and percent covering showed positive linear response with rotations but linear negative with the displacement speeds.

Keywords: sprayers, application technology, traceability.

INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são insumos importantes nos sistemas de produção agrícola uma vez que seu uso envolve aspectos sociais, econômicos e ambientais. Apesar disso, muitas vezes, são utilizados de modo indiscriminado, o que aumenta o risco de intoxicação e contaminação ambiental. De acordo com Law (2001), a tecnologia de aplicação proporciona, comumente, deposição de agrotóxicos fora dos alvos, gerando perdas da ordem de 60 a 70 % do volume aplicado.

O Brasil é o quarto consumidor mundial de agrotóxicos e a crescente demanda do consumidor por processos produtivos com menor impacto ambiental tem gerado à necessidade de avaliar o comportamento e o destino das moléculas de agrotóxicos no meio ambiente (LUCHINI, 2004). Assim, torna-se muito importante o conhecimento não só do agrotóxico a ser aplicado, mas também o necessário domínio da tecnologia de aplicação, de forma a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas e, conseqüentemente, reduzindo os níveis de resíduos, sobretudo, nos alimentos (CUNHA, 2005).

Matuo (2004) entende tecnologia como sendo a aplicação de conhecimentos científicos para um processo produtivo. Logo, pode-se definir a tecnologia de aplicação de agrotóxicos como o emprego de conhecimentos científicos para aplicação desses produtos no alvo, com eficiência, economia e mínima contaminação de outras áreas. Entretanto, a defasagem tecnológica de alguns equipamentos de

pulverização pode acarretar erros de regulagem e calibração, proporcionando aplicações de doses e, ou volumes de pulverização diferentes daqueles, previamente estabelecidos. Outras vezes, por falta de conhecimento, as aplicações são realizadas em condições climáticas desfavoráveis, provocando perdas na forma de deriva (CORDEIRO *et al.*, 2004).

Além dos danos que a deficiência nas aplicações pode provocar na cultura ou em culturas adjacentes, podem ainda causar contaminação da água, do solo e dos alimentos (CUNHA, 2005).

Os pulverizadores hidráulicos são os mais utilizados na aplicação de agrotóxicos, principalmente devido à maior uniformidade de distribuição volumétrica. Aplicações de volumes de calda superiores a 150 L ha⁻¹ são realizadas com esses pulverizadores (BODE *et al.*, 1983). O princípio da pulverização hidráulica, que consiste na passagem do líquido sob pressão por um orifício de diâmetro reduzido, produz gotas de tamanhos variados.

Em geral, gotas muito pequenas aumentam o risco de perdas, principalmente por evaporação ou deriva, enquanto gotas grandes podem escorrer sobre o alvo, não dando tempo para o produto penetrá-lo e atingir seu mecanismo de ação. Gotas pequenas ou gotas grandes possuem diferentes características para cada situação de pulverização. Gotas pequenas são recomendadas quando é necessária boa cobertura e boa penetração no dossel das plantas. As gotas medianas ou grandes são melhores para aplicação em condições de maior risco de deriva, mas pode ocorrer uma penetração e cobertura insatisfatórias (ANTUNIASSI e BAIO, 2004). Assim, quanto mais uniforme for o tamanho das gotas produzidas pela pulverização maior poderá ser o controle e o monitoramento da aplicação.

Em laboratório, alguns equipamentos podem ser empregados na produção de gotas uniformes, tais como discos rotativos, micropipetas e agulhas vibratórias. Dentre estes equipamentos, os discos rotativos, utilizados nos pulverizadores centrífugos, produzem população de gotas com coeficientes de homogeneidade de 1,2 a 1,6, o que é excelente no que diz respeito à uniformidade dos diâmetros de gotas produzidas (LAGUNA, 2000). Além disso, os pulverizadores centrífugos permitem variar facilmente o diâmetro das gotas, são de simples construção e têm a vantagem de produzir elevado fluxo de gotas, que se distribuem ao acaso sobre o alvo (CORREA e HELD, 1980).

Os ensaios com pulverizadores centrífugos foram iniciados no início da década de 1980, com herbicidas sistêmicos aplicados com volumes de calda menores que 50 L ha⁻¹ (BOLLER, 2004).

Carvalho e Furlan Junior (1997) utilizaram um dispositivo rotativo para analisar o espalhamento de gotas de pulverização sobre diferentes alvos. Segundo esses autores, dispositivos rotativos são os meios mais eficazes para produção de gotas uniformes, o que é fator primordial para a distribuição dos agrotóxicos sobre os alvos, permitindo boa cobertura com baixo volume de calda aplicado.

O princípio de funcionamento desse equipamento baseia-se na deposição do líquido, sob baixa pressão, sobre um dispositivo girando a elevadas rotações. À semelhança dos pulverizadores hidráulicos, a pulverização também é mecânica, e o transporte do jato até o alvo é proporcionado pela força centrífuga, perfazendo trajetórias tangenciais aos dispositivos rotativos (LAGUNA, 2000).

A velocidade de rotação e o diâmetro do dispositivo rotativo, assim como a densidade aparente e a tensão superficial do líquido determinam o tamanho das gotas a serem produzidas pelos pulverizadores centrífugos. Conforme se observa na Equação 1, o tamanho das gotas é tanto menor quanto maior for o número de rotações, o diâmetro do disco e a densidade aparente do líquido e menor tensão superficial do líquido (HUANG *et al.*, 2006).

$$D = \frac{K}{W} \sqrt{\frac{\sigma}{d\rho}} \quad (1)$$

em que

D = diâmetro da gota, cm;

K = constante dependente do equipamento;

W = velocidade angular, rad s⁻¹;

d = diâmetro do dispositivo de rotação, cm;

σ = tensão superficial do líquido, dina cm⁻¹;

ρ = densidade do líquido, g cm⁻³.

A constante K , apresentada na Equação 1, expressa a relação entre o diâmetro da gota produzida pelo pulverizador centrífugo e a sua circunferência de estrangulamento. De acordo com Correa e Held (1980), o valor de K geralmente oscila entre 2,1 e 2,4. Entretanto, Alcock e Froehlich (1986), trabalhando com equipamento semelhante, encontraram valores de K entre 2,67 e 6,55. Um ponto

comum nesses trabalhos é que os autores determinaram o valor da constante, deslocando os alvos sob os dispositivos rotativos de formação das gotas.

A formação das gotas nos dispositivos rotativos pode ocorrer em três momentos distintos (BODE *et al.*, 1983). Primeiramente, quando se tem baixa vazão e baixa rotação, ocorre a formação de poucas gotas, diretamente, a partir da borda do disco. Quando se aumenta a vazão e a velocidade de rotação, ocorre a formação de filamentos na borda do disco, que se fragmentam em gotas. Esses filamentos podem ser maiores ou menores à medida que a rotação do dispositivo é aumentada ou diminuída, respectivamente, permanecendo a vazão constante. Se a vazão é aumentada, mas a rotação permanece constante, ocorre a formação de uma película de líquido ao redor da borda. A formação de gotas por meio de filamentos é mais adequada à aplicação de agrotóxicos, uma vez que proporciona a formação de espectros de gotas mais homogêneos (ALOCK e FROEHLICH, 1986; TEUNOU e PONCELET, 2005).

Em termos gerais, o processo de fragmentação do líquido em gotas pode ser explicado por meio da equação de equilíbrio de pressões. De acordo com Costa (2002), uma gota de pulverização encontra-se em equilíbrio, quando:

$$P_i = P_e + P_s \quad (2)$$

em que

P_i = pressão interna (Pa),

P_e = pressão externa (Pa),

P_s = pressão produzida pela tensão superficial em uma gota (Pa).

A pressão devido à tensão superficial em uma gota pode ser obtida por:

$$P_i - P_e = \frac{2\sigma}{r} \quad (3)$$

em que

σ = tensão superficial do líquido (N m^{-1}),

r = raio da gota (m).

Como a gota não mantém uma forma esférica permanentemente, há de se considerar os raios de curvaturas principais da mesma. Assim, a Equação 3 torna-se:

$$P_i - P_e = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (4)$$

em que

r_1 = maior raio de curvatura da gota, m;

r_2 = menor raio de curvatura da gota, m.

Ao entrar em contato com o ar, a pressão externa na superfície da gota aumenta a tal ponto que a pressão da tensão superficial não consegue contrabalançar, suficientemente, o incremento da pressão externa. Desta forma, rompe-se a condição de equilíbrio, pois, P_i permanece constante. O significado físico disso é a fragmentação dos filamentos em gotas e destas em outras gotas de menores tamanhos, nas quais as forças de tensão superficial são maiores devido seu menor raio de curvatura (FROST, 1981). Ademais, quando uma gota de pulverização é lançada ao ar, outras variáveis como vento, instabilidade atmosférica e velocidade de deslocamento do equipamento afetam, substancialmente, sua dinâmica até o alvo (MURPHY *et al.*, 2000; FAROOQ *et al.*, 2001).

Portanto, o estudo das características da gota produzidas pelo dispositivo de pulverização é um fator decisivo na eficácia das pulverizações. O entendimento dos processos aerodinâmicos e de dispersão, que agem sobre as gotas após sua emissão, é muito importante para o controle da qualidade de uma aplicação. Isso permitirá o monitoramento da qualidade da pulverização, além de adequar a tecnologia de aplicação ao controle que se deseja obter, atendendo, assim, aos quesitos das boas práticas agrícolas.

Objetivou-se com este trabalho, desenvolver e avaliar o desempenho de um sistema de pulverização centrífuga, para determinação de parâmetros rastreáveis da aplicação de agrotóxicos, quanto ao espectro e população de gotas.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento e avaliação do sistema de pulverização foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa.

Desenvolvimento do sistema de pulverização centrífuga

O sistema de pulverização constituiu-se de uma estrutura de metalon com dimensões de 0,05 x 0,03 m e 12 m de comprimento com altura máxima de 2,50 m. Sob a estrutura, foi adaptado um suporte para acoplamento do pulverizador. O suporte possibilita o ajuste da altura de pulverização até 1,50 m e move-se ao longo da barra, impulsionado por motor elétrico de indução trifásica de 1 CV e rotação de 1715 rpm. Na saída do motor elétrico, acoplou-se um mecanismo redutor de velocidade, composto por corrente e engrenagens, que se move sobre cremalheiras fixadas ao longo da estrutura, acionando, assim, o suporte do pulverizador, em velocidades constantes. O motor é ligado por meio de cabos elétricos, que deslizam sobre cabos de aço presos próximo à estrutura.

O motor da barra autodeslizante foi ligado a um inversor de frequência de modulação por largura de pulso. Assim, foi possível controlar várias funções do motor, como acionamento em diferentes velocidades, paradas, inversão do sentido de rotação e programação dos tempos de aceleração e desaceleração do conjunto. Todas essas funções foram monitoradas por controles, localizados em um painel no inversor de frequência.

Ao longo da barra de pulverização, determinou-se: o comprimento de 3,0 m para que o pulverizador atingisse o ritmo de trabalho desejado; mais 5,0 m nos quais o pulverizador operava em ritmo de trabalho constante e os 4,0 m restantes foram destinados à desaceleração segura do conjunto de pulverização. As velocidades do pulverizador selecionadas foram de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 km h⁻¹.

À barra de pulverização autodeslizante foi acoplado o pulverizador centrífugo, que se constituía das seguintes partes: depósito de calda com capacidade de 12 L; registro para controle da vazão; mangueiras transparentes de 3/8"; motor de corrente contínua de 9 watts e dispositivo rotativo horizontal cônico de 0,08 m de diâmetro com bordas serrilhadas. O motor do pulverizador foi ligado à rede elétrica por meio

de uma fonte para redução da tensão de 120 para 24 v. No intuito de eliminar as variações da tensão da rede elétrica, a fonte foi ligada a um estabilizador de tensão.

Na Figura 1, vê-se a barra de pulverização equipada com o pulverizador centrífugo.



Figura 1 - Barra de pulverização autodeslizante equipada com o pulverizador centrífugo.

Para variar a rotação do motor do pulverizador centrífugo, adaptou-se um potenciômetro entre o motor e a fonte de energia, de modo a variar a tensão de alimentação do motor. As rotações foram monitoradas com um estroboscópio digital Lutron DT 2239 A, com capacidade para medir rotações entre 2,1 a 1.100 rad s^{-1} com uma precisão de $\pm 0,5 \%$. Foram selecionadas as rotações de 105; 157; 210; 262 e 315 rad s^{-1} .

Avaliação do sistema de pulverização centrífuga

As avaliações do sistema de pulverização centrífuga constaram da determinação do perfil de distribuição volumétrico e dos espectros e populações de gotas, proporcionados pelas diferentes rotações e velocidades de deslocamento do pulverizador. Determinou-se, também, a faixa útil de aplicação em cada rotação. Dessa forma, foi possível verificar a capacidade do pulverizador em aplicar diferentes volumes de pulverização.

Determinação do perfil de distribuição volumétrico

Determinou-se o perfil de distribuição volumétrico do pulverizador pela coleta de água em coletores espaçados de 0,10 m entre si, os quais cobriram uma área de 7,8 m². O pulverizador foi posicionado no centro da área coberta pelos coletores a uma altura de 0,5 m. Em seguida, pulverizou-se durante 10 minutos nas rotações de 105; 157; 210; 262 e 315 rad s⁻¹, com uma vazão de alimentação do dispositivo de rotação de 1,0 L min⁻¹.

Toda vez que o nível de água no reservatório atingia 75 % de sua capacidade realizou-se o reabastecimento. Dessa forma, a variação da vazão de alimentação do rotor era de no máximo 1 %, desprezível para este estudo. Como o depósito era transparente, foi possível visualizar o nível de água em seu interior.

Ao final de cada pulverização, o líquido coletado nos copos foi medido em provetas graduadas, com capacidade de 20 mL e precisão de 0,2 mL. Durante o ensaio, mediram-se a temperatura e a umidade relativa do ar com um psicrômetro.

Foram traçados gráficos para visualização do perfil de distribuição volumétrico da pulverização e para a determinação da largura efetiva de trabalho em cada rotação do motor. Para isso, empregou-se o coeficiente de variação como medida da uniformidade de aplicação de acordo com sobreposições laterais do jorro de pulverização. As sobreposições dos jorros são observadas quando se realizam passadas sucessivas e paralelas entre si. Este estudo foi realizado por meio de simulação do software Excel.

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Determinação dos espectros e população de gotas do pulverizador centrífugo

Determinou-se o espectro e a população de gotas proporcionadas pelo dispositivo rotativo nas rotações 105; 157; 210; 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 km h⁻¹, com vazão de alimentação de 1,0 L min⁻¹. Em cada passada do pulverizador, posicionaram-se quatro etiquetas amostradoras de papel contact, com dimensões de 26 x 76 mm, ao longo da faixa de aplicação, a uma distância de três metros a partir do início da barra autodeslizante. No intuito de

permitir que as manchas formadas nas etiquetas de papel contact apresentassem contraste suficiente para a leitura, foi adicionado à água de pulverização o corante negro, marca Guarany, indicado para tintura de tecidos de algodão. O corante foi, previamente, dissolvido em água fervente e, posteriormente, adicionado à calda, na proporção de 10 g L⁻¹.

Logo após a pulverização, as etiquetas foram coletadas e fotografadas com máquina digital Nikon Coolpix 5400 com resolução de 3 megapixels e Zoom óptico de 4x. Em seguida, as imagens foram processadas no programa Image Tool, versão 2.0 Alpha 3.

Foram determinados o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), que representa o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais; o diâmetro da mediana numérica (DMN), que representa o diâmetro da gota que divide o número de gotas em duas partes iguais; o coeficiente de homogeneidade (CH), que representa a relação entre DMV e DMN e expressa a homogeneidade do tamanho das gotas; a densidade de gotas (DEN) e a porcentagem de cobertura (COB). Utilizou-se a Equação 5 para a correção da dispersão das gotas na etiqueta de papel contact (RODRIGUES, 2005).

$$\hat{Y} = 1,6454x - 12,33 \quad (5)$$

em que

\hat{Y} = diâmetro da mancha, μm ; e

x = diâmetro da gota, μm .

Após a determinação dos diâmetros das gotas, a constante do pulverizador centrífugo foi calculada por meio da Equação 6. Para essa análise, considerou-se os diâmetros médios das gotas proporcionados pelas rotações e velocidades de deslocamento do pulverizador.

$$K = \frac{D \times W}{K_0} \quad (6)$$

em que

K = constante dependente do equipamento;

D = diâmetro médio das gotas de pulverização, cm;

W = rotação do dispositivo de pulverização centrífugo, rad s⁻¹;

K_0 = constante obtida em função das características do líquido de pulverização e dimensões do dispositivo rotativo.

A constante K_0 foi calculada de acordo com a Equação 7.

$$K_0 = \left(\frac{\sigma}{d \times \rho} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

em que

d = diâmetro do dispositivo de rotação, cm;

σ = tensão superficial da água, dina cm^{-1} ;

ρ = densidade da água, g cm^{-3} .

Para os dados em geral, a análise estatística consistiu em determinar a precisão dos valores obtidos, aplicando-se o teste “t” de Student para uma confiabilidade de 95 %. A Equação 8 foi empregada para determinar o erro absoluto das medições, com erro máximo aceitável de 5 %. No caso de erro calculado inferior ao limite estabelecido, aceitou-se a média como representante da amostra (SANCHEZ, 1988).

$$L = \frac{(t \times DP)}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

em que

L = erro absoluto;

t = valor de “t” de student;

DP = desvio padrão; e

n = número de amostras.

Os tratamentos foram dispostos no fatorial 6 x 5 (6 velocidades e 5 rotações). Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e analisados por meio de análise de regressão múltipla. Para isso, utilizou-se o software SAEG 9.0 (Sistema de Análise Estatística e Genética - UFV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições foram realizadas com erro inferior ao limite máximo proposto de 5%. Assim, podem-se considerar as médias calculadas como representantes das amostras.

A temperatura e a umidade relativa do ar durante a realização dos ensaios foram, em média, 21° C e 84 %, respectivamente.

Na Figura 2, vêem-se os perfis de distribuição volumétricos transversal do pulverizador centrífugo ao operar em diferentes rotações. Os gráficos expressam na abscissa, a posição dos copos coletores e na ordenada as percentagens do volume coletado em relação ao volume total.

Em todas as rotações, o perfil de distribuição volumétrico manteve o mesmo padrão, ou seja, maior volume próximo às extremidades e pequena depressão no centro do jorro. Com este tipo de perfil, dificilmente obtêm-se baixos coeficientes de variação da uniformidade de distribuição volumétrica.

As rotações de 105, 157, 210, 262 e 315 rad s⁻¹ apresentaram coeficientes de variação de 52,8; 52,3; 47,3; 46,9 e 44,1 %, respectivamente. As diferenças nos coeficientes de variação podem ser explicadas pelo fato de que nas rotações mais baixas observou-se maior deposição de água nas regiões mais próximas ao pulverizador, proporcionando maiores coeficientes de variação.

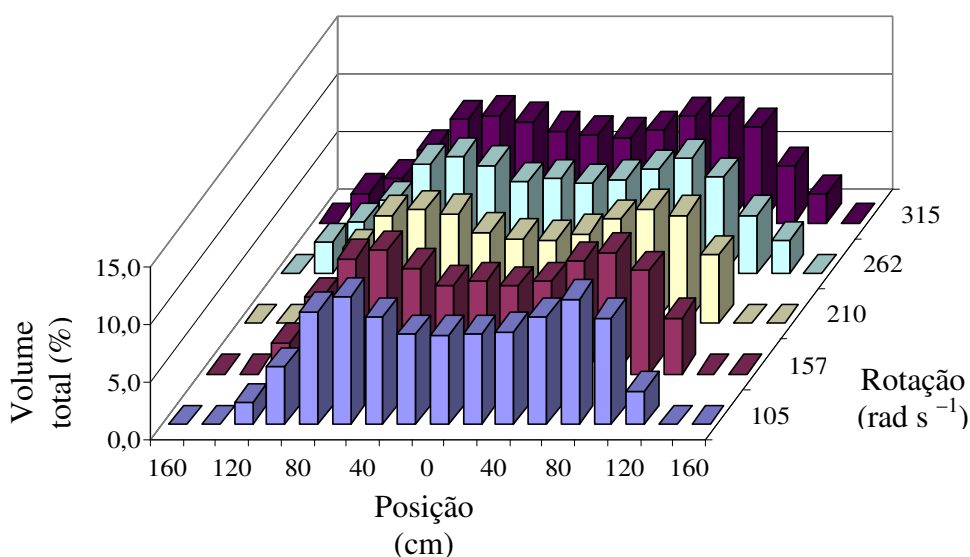


Figura 2 - Perfil da distribuição volumétrica proporcionado pelo pulverizador centrífugo em diferentes rotações.

Na Tabela 1, estão relacionadas as faixas úteis de pulverização, obtidas em função dos coeficientes de variação da uniformidade de distribuição volumétrica transversal. De modo geral, com o aumento das rotações, houve melhor distribuição de líquido sobre a área o que resultou em maior uniformidade da distribuição volumétrica. O menor coeficiente de variação (10,59 %) foi obtido na rotação de 315 rad s⁻¹, cuja média foi significativamente maior que as demais. A faixa útil de pulverização variou de 1,80 m na menor rotação a 2,40 m nas duas maiores rotações.

Este resultado é semelhante ao obtido por Bode *et al.*, (1983). Os autores constaram valores de CV da ordem de 48 %, na análise do perfil volumétrico isolado, o que diminuiu para cerca de 20 % quando se realizou aplicação com sobreposições das laterais do jorro de pulverização. Salyani (1996) sugere que um CV adequado para pulverizadores centrífugos seja, no mínimo, 15 %.

Tabela 1 - Uniformidade de distribuição volumétrica transversal e faixa útil de pulverização, obtidas para cada rotação do pulverizador centrífugo

Rotação (rad s ⁻¹)	Uniformidade de distribuição volumétrica transversal (%)	Faixa útil (m)
105	17,21 A	1,80 A
157	15,88 A	2,00 B
210	12,18 B	2,20 C
262	13,26 B	2,40 D
315	10,59 C	2,40 D

Médias seguidas por mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Vê-se, na Tabela 2, que a aplicação do volume de pulverização variou de 40 a 690 L ha⁻¹, na menor e maior velocidade, respectivamente.

Na velocidade de 0,5 km h⁻¹, o volume de pulverização variou de 500 a 690 L ha⁻¹, volumes considerados altos para os pulverizadores terrestres (MATTHEWS, 2000). Tais volumes de pulverização proporcionam melhor cobertura e menores variações de deposição sobre o alvo. Entretanto, em geral, o aumento no volume de pulverização proporciona aumento no volume de calda retido sobre o alvo, até o ponto em que a superfície não retém mais o líquido. Conseqüentemente, o produto aplicado escorre para o solo, resultando em perdas e contaminação ambiental (PALLADINI e SOUZA, 2004). Além disso, altos volumes de aplicação requerem

constantes paradas para abastecimento, o que diminui o tamanho da área tratada por hora e aumenta o custo de coleta e transporte da água utilizada na aplicação.

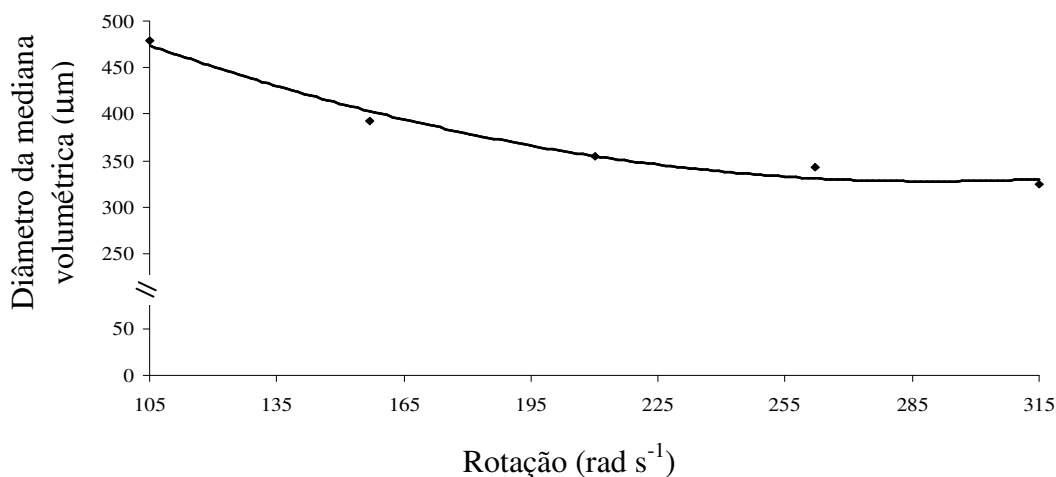
Tabela 2 - Volume de pulverização ($L ha^{-1}$), aplicado pelo pulverizador centrífugo, em função das velocidades e da faixa útil de aplicação

Faixa útil de aplicação (m)	Velocidade ($km h^{-1}$)					
	0,5	1,0	1,5	3,0	4,5	6,0
1,8	690	330	220	110	75	55
2,0	600	300	200	100	65	50
2,2	550	270	180	90	60	45
2,4	500	250	165	80	55	40

Na velocidade de $6,0 km h^{-1}$, o pulverizador distribuiu de 40 a $55 L ha^{-1}$, o que é considerado baixo volume de pulverização. Aplicações com este volume requerem cuidados especiais no que se refere ao controle da deriva, uma vez que as gotas produzidas são, geralmente, muito pequenas e tendem a evaporar ou serem arrastadas pelo vento. Portanto, para obter eficácia do tratamento, é importante que as gotas tenham diâmetros homogêneos, que não escorram pelo alvo e que não evaporem.

A análise do fatorial para verificar o efeito das rotações e velocidades do pulverizador centrífugo no diâmetro da mediana volumétrica das gotas, apresentou significância em relação ao efeito simples de rotação e velocidade, porém, a interação dos fatores avaliados não foi significativa ao nível de 5 % pelo teste F.

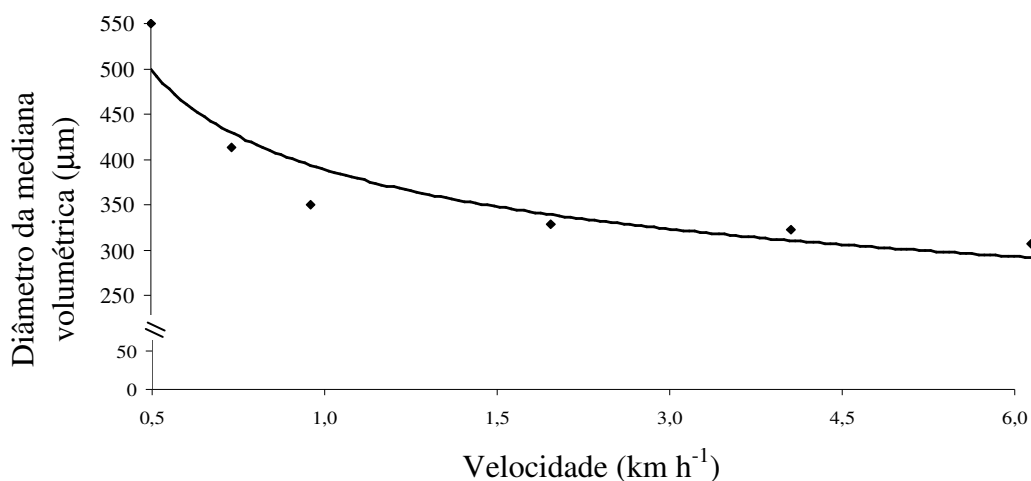
As rotações proporcionaram a formação de DMV médios de 318 a $465 \mu m$ (Figura 3), enquanto as velocidades proporcionaram DMV médios de 292 a $498 \mu m$ (Figura 4). De modo geral, os dois fatores (rotação e velocidade) proporcionaram DMV com baixo potencial de deriva, porém com possibilidade de escorrimento pelo alvo. Essas gotas também tendem a se depositarem apenas nas partes externas das plantas, não penetrando no dossel. Apesar disso, podem proporcionar controles satisfatório quanto se trata da aplicação de produtos sistêmicos.



$$DMV = 2348,5000 ROT^{-0,3477*} \quad R^2 = 96\%$$

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 3 - Diâmetro da mediana volumétrica produzido pelo pulverizador centrífugo, operando em diferentes rotações do dispositivo rotativo.



$$DMV = 429,6500 VEL^{-0,2155*} \quad R^2 = 88\%$$

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 4 - Diâmetro da mediana volumétrica produzido pelo pulverizador centrífugo, operando em diferentes velocidades de deslocamento.

O diâmetro das gotas diminuiu com o aumento das rotações e das velocidades do pulverizador. Nas duas situações, as mudanças foram progressivamente menores, o que indica a existência de um limite mínimo de diâmetro, pois as curvas tenderam a se tornar assintóticas. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa (2002), que avaliou a fragmentação de líquido por meio de corrente de ar em alta velocidade.

A tendência do surgimento de um diâmetro-limite proporcionado pelo aumento na rotação do pulverizador centrífugo pode está relacionada à ação das forças externas e internas resultantes da resistência do ar e da tensão superficial da água, ocorridas durante o percurso das gotas no ar. O processo de fragmentação das gotas se inicia, quando a gota é lançada ao ar e parece continuar até que o diâmetro atinja um valor mínimo, que permita manter o equilíbrio das forças atuantes sobre a gota (TEUNOU e PONCELET, 2005).

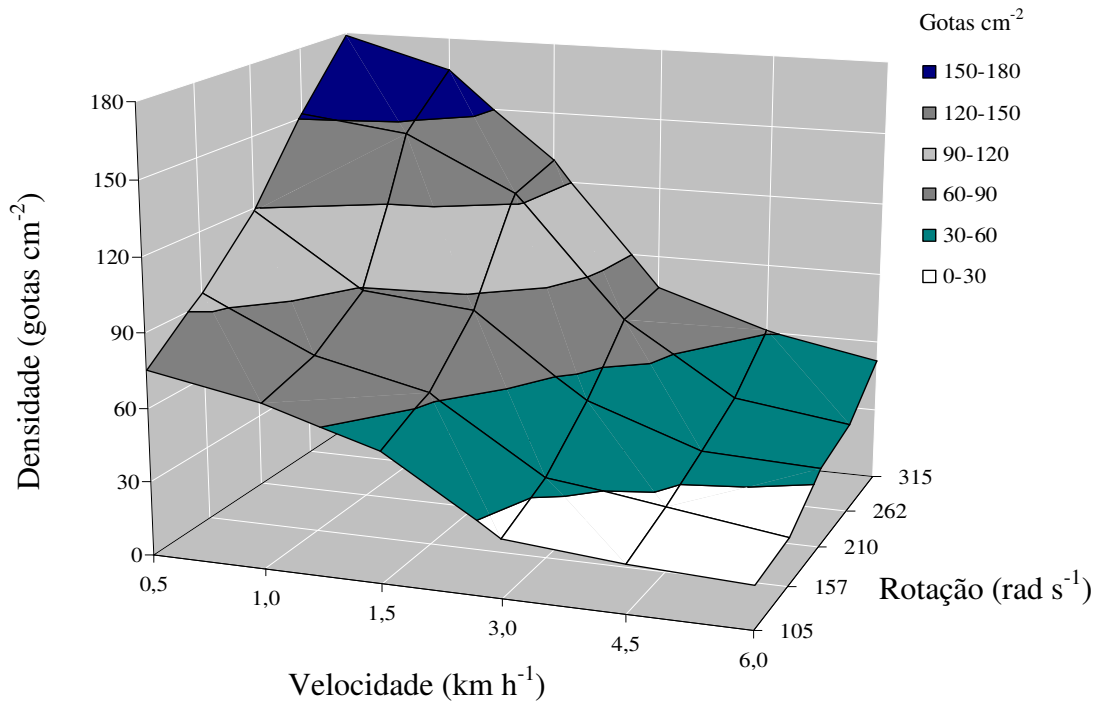
Ademais, quando o pulverizador se desloca em menores velocidades, ocorre sobreposição na deposição das gotas sobre o alvo, o que resulta em manchas maiores sobre a superfície amostradora. Ao aumentar a velocidade de deslocamento, a sobreposição das gotas diminui o que resulta em manchas com menores diâmetros.

Verificou-se pequena variação da constante K do pulverizador centrífugo, nas velocidades empregadas. Assim, optou-se pela determinação desse valor num intervalo de confiança de 95 % de probabilidade. Esse valor variou entre 1,82 e 2,30. Acredita-se que, fixando a velocidade de deslocamento e trabalhando com maior número de rotações, o que geraria mais dados amostrais, o valor desta constante poderia ser determinado com maior exatidão. Entretanto, o valor encontrado condiz com a maioria dos trabalhos consultados (CORREA e HELD, 1980; ALOCK e FROEHLICH, 1986). A determinação do valor desta constante é importante para a predição do tamanho das gotas produzidas pelos pulverizadores centrífugos, uma vez que as características construtivas desses equipamentos influenciam, sensivelmente, a formação de gotas.

O espectro de gotas produzidas pelo dispositivo rotativo proporcionou CH de 1,29, valor este considerado muito bom pois, indica pequena variação no tamanho das gotas em torno de um diâmetro médio. Os valores de DMV e de CH devem ser analisados, conjuntamente para a avaliação da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos diâmetros em torno de um diâmetro médio. O CH indica a homogeneidade do tamanho das gotas. CH igual a um significa que todas as gotas são do mesmo tamanho.

Houve interação significativa entre as diferentes rotações e velocidades nas densidades de gotas, ao nível de 5 %, pelo teste F. Logo, procedeu-se o estudo da análise de regressão múltipla, sendo que os coeficientes escolhidos apresentaram resposta linear e significância ao nível de 1 %, pelo teste t. Na Figura 5, vê-se a influência das rotações e das velocidades na densidade de gotas, proporcionada pelo

pulverizador centrífugo. Em geral, foram observadas maiores densidades de gotas à medida as rotações foram aumentadas e as velocidades foram e diminuídas.



$$\text{DEN} = 49,6962 + 0,3400 * \text{ROT} - 17,1649 * \text{VEL} \quad R^2 = 89 \%$$

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 5 - Densidade de gotas proporcionada pelo pulverizador centrífugo operando em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do dispositivo rotativo.

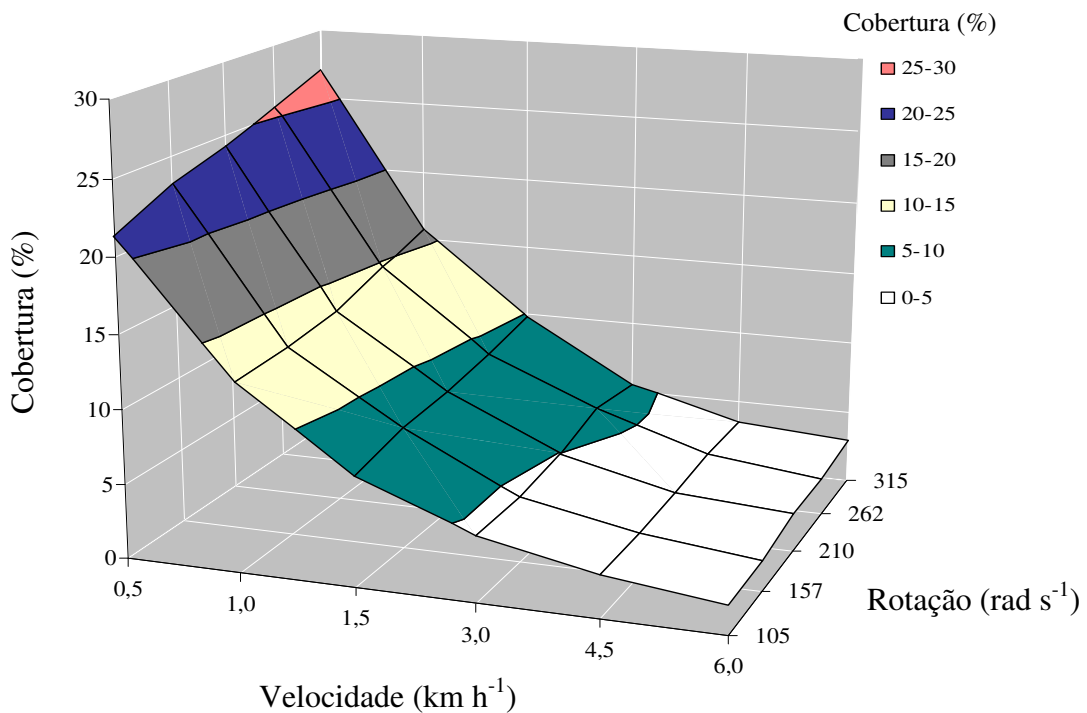
As rotações de 105 a 157 rad s⁻¹ e velocidades de 3,0 a 6,0 km h⁻¹ proporcionaram densidade de até 30 gotas cm⁻². As maiores densidades variaram entre 150 e 180 gotas cm⁻², quando o pulverizador operou com rotações de 262 a 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5 a 1,0 km h⁻¹.

O aumento nas rotações provocou diminuição no tamanho das gotas e, conseqüentemente, aumento na densidade de gotas. Por outro lado, quando se diminui a velocidade de deslocamento do pulverizador sobre o alvo, houve tendência a um número maior de gotas atingir o alvo, o que proporcionou maior densidade de gotas. Desta forma, foi possível obter elevadas densidades de gotas por cm⁻² (150 a 180) trabalhando-se com gotas grandes (490 µm).

Normalmente, para obter altas densidades de gotas por superfície tratada, é necessário que se produza gotas inferiores a 100 µm (MATTHEWS, 2000). Porém,

gotas com diâmetros inferiores a 150 µm têm grande probabilidade de não atingir o alvo, por terem elevado potencial para evaporarem ou de serem carreadas pelo vento, não sendo, portanto, diâmetros de gotas recomendados para aplicações de agrotóxicos em geral.

A interação entre rotação e velocidade na porcentagem de cobertura foi significativa, ao nível de 5 % pelo teste F. Semelhantemente ao estudo da densidade de gotas, os coeficientes escolhidos de acordo com a análise de regressão múltipla apresentaram resposta linear e significância ao nível de 1 %, pelo teste t.



$$COB = 16,0500 + 0,0111 * ROT - 3,2114 * VEL \quad R^2 = 83 \%$$

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 6 - Porcentagem de cobertura proporcionada pelo pulverizador centrífugo operando em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do dispositivo rotativo.

Obteve-se uma cobertura máxima de 27,06 %, quando o pulverizador operou à rotação de 315 rad s⁻¹ e velocidade de 0,5 km h⁻¹, uma combinação em que também se observaram as maiores densidades de gotas por cm². Comumente, gotas grandes não proporcionam adequada cobertura da superfície tratada, o que resulta em distribuição irregular do produto sobre o alvo. Isto se torna um agravante em se tratando de produtos de contato, pois, estes só atuam na área coberta pelo produto, o que pode reduzir a eficácia do agrotóxico.

CONCLUSÕES

Os resultados permitiram as seguintes conclusões:

- O sistema de pulverização centrífuga possibilitou obter espectros e populações de gotas de modo fácil e prático, sendo eficiente para diversas condições de aplicação de agrotóxicos.
- A uniformidade de distribuição volumétrica do pulverizador centrífugo variou entre 10,59 e 17,21 %, melhorando à medida que se aumentam as rotações do dispositivo de rotação.
- O diâmetro da mediana volumétrica (DMV) diminuiu com os aumentos da rotação e velocidade de deslocamento do pulverizador.
- O pulverizador centrífugo proporcionou excelente coeficiente de homogeneidade (CH), sendo da ordem de 1,29.
- Densidade de gotas e porcentagem de cobertura apresentaram resposta linear positiva, em relação à rotação do pulverizador centrífugo.
- Densidade de gotas e porcentagem de cobertura apresentaram resposta linear negativa, em relação à velocidade de deslocamento do pulverizador centrífugo.

BIBLIOGRAFIA

ALOCK, R.; FROEHLICH, D. Analysis of rotary atomizers. **Transactions of the ASAE**. v. 29, n.6, p.1514-1519, 1986.

ANTUNIASSI U. R.; BAIO F. H. R. Tecnologia da aplicação de defensivos. Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas. **In.:** Absorção e translocação de herbicidas nas plantas. VARGAS L., ROMAN S.E., Embrapa Uva e Vinho, p. 145-184. 2004.

BODE, L. E.; BULTER, B. J.; PEARSON, S. L.; BOUSE, L. F. Characteristics of the micromax rotary atomizer. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 4, p. 999-1005, 1983.

BOLLER W. Evolução da qualidade em equipamentos de aplicação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, III., 2004. Botucatu, SP. **Anais...** . Botucatu, SP: FEPAF, p. 49-53, 2004.

CARVALHO, W. P. A.; FURLAN JUNIOR. Estudo comparativo entre coletores para determinação do DMV e coeficiente de dispersão na amostragem de gotas em aplicações de produtos líquidos. **Energia na Agricultura**. Botucatu-SP. v. 12, n. 1, p. 28-37, 1997.

CORDEIRO C. A. M.; COUTINHO, P. O.; MOTA F. M. AQP – Avaliação da qualidade dos pulverizadores. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, III., 2004. Botucatu, SP. **Anais...** . Botucatu, SP: FEPAF, p. 32-35, 2004.

CORREA, G. H.; HELD J. Produção e utilização de gotas com diâmetro uniforme. **Revista Científica do Instituto Agrônomo. Bragantia**. v. 41, p. 1-7, 1980.

COSTA, M. A. F. **Avaliação de desempenho operacional de um pulverizador pneumático costal motorizado utilizado no controle de mosquitos vetores de doenças**. 2002. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 2002.

CUNHA, J. P. R. da. Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, VIII., 2005. Santo Antônio de Goiás, GO. **Anais...** . Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, p. 619-622, 2005.

FAROOQ, M. R.; BALACHANDAR, D.; WULFSOHN, W. T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.

FROST, A. R. Rotary atomization in the ligament formation mode. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 26, n. 1, p. 63-78, 1981.

HUANG, L. X.; KUMAR K.; MUJUMDAR A. S. A. Comparative study of a spray dryer with rotary disc atomizer and pressure nozzle using computational fluid

dynamic simulations. **Chemical Engineering and Processing**. v. 45, p. 461–470, 2006.

LAGUNA, A. **Maquinaria agrícola. Construcción, funcionamiento, regulaciones y cuidados**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 361 p., 2000.

LAW, S. E., Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during the 20th century. University of Georgia, Athens, USA. **Journal of Electrostatics**, p. 25-42, 2001.

LUCHINI, L. C. Dinâmica ambiental dos agrotóxicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, III., 2004. Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: FEPAF, p. 36-39, 2004.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 3. ed., Oxford: Blackwell Science, 432 p, 2000.

MATUO, T. Qualidade em tecnologia de aplicação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, III., 2004. Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: FEPAF, p.1-2, 2004.

MURPHY S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 75, n.3, p. 127-137, 2000.

PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Deposição em folhas de macieira com diferentes volumes de calda. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2004, Botucatu. **Anais...** p.100-103, 2004.

RODRIGUES, G. J. **Crerios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 118p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2005.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SALYANI, M. **Distribution patterns of atomizers**. Citrus Research and Education Center, Flórida. p. 2-8, 1996.

SANCHEZ, D. P. R. **Estatística Modelos y Métodos**. Alianza. Editorial AS. Madrid. España, 402 p., 1988.

TEUNOU. E.; PONCELET D. Rotary disc atomisation for microencapsulation applications - prediction of the particle trajectories. **Journal of Food Engineering**. v. 71, n.2, p. 345-353, 2005.

TOLERÂNCIA DA *Brachiaria decumbens* AO GLYPHOSATE APLICADO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho, determinar a dose necessária de glyphosate para o controle de *B. decumbens*, em diferentes estádios de crescimento das plantas, visando a certificação de lavouras. Os tratamentos consistiram de seis doses de glyphosate, aplicadas aos 20 dias após a emergência (DAE) das plantas: 100, 200, 300, 400, 500 e 1000 g ha⁻¹ e seis doses aplicadas aos 40 e 60 DAE: 100, 200, 400, 500, 600, 800 e 1000 g ha⁻¹, com quatro repetições e três testemunhas, uma para época de aplicação. Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado e os dados foram analisados separadamente em cada época de aplicação. Cada unidade experimental foi composta por um vaso contendo três litros de substrato. As aplicações foram realizadas utilizando-se um pulverizador de pressão constante equipado com pontas XR 110 02, empregando-se um volume de calda de 150 L ha⁻¹. A avaliação da eficácia dos tratamentos com base no acúmulo de biomassa seca das plantas daninhas em relação às testemunhas foi realizada aos 30 dias após a aplicação (DAA). A dose de 200 g ha⁻¹ de glyphosate, aplicada aos 20 DAE, proporcionou 100 % de controle de *B. decumbens*, enquanto foi necessário 400 g ha⁻¹ para controle semelhante em todas as épocas de aplicação.

Palavras-chave: plantas daninhas, herbicida, tecnologia de aplicação.

TOLERANCE OF THE *Brachiaria decumbens* TO GLYPHOSATE APPLIED AT DIFFERENT STADIUMS OF GROWTH OF THE PLANTS

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate glyphosate doses for the control of *Brachiaria decumbens* in different stadiums of growth of the plants, seeking to establish parameters tracked. The treatments for determination of the doses consisted from six doses of applied glyphosate to the 20 days after the emergency (DAE) of the plants: 100, 200, 300, 400, 500 and 1000 g ha⁻¹ and six applied doses to the 40 and 60 DAE: 100, 200, 400, 500, 600, 800 and 1000 g ha⁻¹, with four repetitions and

three witness, one for application stadium. The evaluation of the effectiveness of the treatments was made with base in the reduction of the biomass dries of the harmful plants in relation to the witness, appraised to the thirty days after the application. The dose of 200 g ha⁻¹ of glyphosate, applied to the 20 days after the emergency of the plants, it provided total control of *B. decumbens*. In the times of applications to the 40 and 60 days after the emergency, the total control was only obtained when 400 g was used ha⁻¹ of the herbicide.

Keywords: weed, herbicide, application technology.

INTRODUÇÃO

Apesar de nos últimos anos, o surgimento de herbicidas mais eficientes terem contribuído para a redução das doses recomendadas, ainda assim, as recomendações apresentadas nas bulas são superiores àquelas realmente necessárias para um controle eficaz. Isto se deve ao fato de o fabricante de agrotóxicos, em geral, estabelecer as recomendações das doses para uso em uma ampla variação de manejo de culturas e, principalmente, condições climáticas adversas, antes, durante e depois das aplicações.

Desta forma, acredita-se que, adotando um manejo adequado e trabalhando em condições climáticas corretas, as doses dos herbicidas podem ser reduzidas e, ainda assim, prover controle adequado das plantas daninhas. Como benefícios provenientes da redução nas doses recomendadas, têm-se menores custos da aplicação e a diminuição na quantidade de agrotóxicos depositados no ambiente (BOSTRÖM e FOGELFORS, 2002), atendendo diretamente à grande expectativa da sociedade, quanto à produção de alimentos mais saudáveis.

A crescente demanda por produção de alimentos livres de resíduos de agrotóxicos tem tornado o conceito de rastreabilidade importante nos últimos anos, sobretudo para o mercado internacional de produtos agrícolas. Todavia, para isso, os produtores são coagidos a adotar medidas de boas práticas agrícolas, no intuito de controlar e monitorar a qualidade de todas as etapas do processo produtivo.

Entende-se por rastreabilidade, o mecanismo que permite identificar a origem e os processos de produção dos alimentos desde o campo até o consumidor. Para isso, é necessário que o produtor disponha de critérios de boas práticas agrícolas

condizentes com as exigências do mercado consumidor, tanto interno como externo (MACHADO, 2000). A rastreabilidade pode possibilitar também a certificação das lavouras, permitindo assim, maior retorno financeiro ao produtor.

Dentre as boas práticas agrícolas necessárias ao processo de rastreabilidade, a aplicação de herbicidas requer especial atenção, uma vez que se trata de moléculas que poderão causar danos ao ambiente e afetar, diretamente, a saúde humana e a sustentabilidade do sistema produtivo. Desta forma, Luchini (2004) entende que a utilização de agrotóxicos deveria ser parte de uma estratégia de manejo integrado, mas, infelizmente, na maioria das vezes, esses produtos são utilizados como único método de controle, podendo acarretar uma série de impactos negativos ao ambiente.

Considerando-se que os herbicidas aplicados na pós-emergência são mais eficientes em plantas daninhas susceptíveis em início de crescimento, a aplicação nesse estágio pode permitir o uso de doses reduzidas do produto, sem afetar a eficácia do tratamento (DEVLIN *et al.*, 1991). Entretanto, Klingman *et al.* (1992) alertam para o fato que quando ocorrer germinações posteriores torna-se necessário efetuar aplicações sequenciais para que se alcance controle satisfatório, o que aumenta os custos da aplicação.

Rizzardi e Fleck (2004) trabalharam com uma população mista de picão-preto (*Bidens pilosa*) e guanxuma (*Sida rhombifolia*) e verificaram que, ao apresentarem de 2 a 4 folhas, era necessário 75 % da dose recomendada na bula do herbicida acifluorfen + bentazon, para obtenção de controle eficiente dessas espécies. Fleck (1994) relata que é possível reduzir, em até 50 %, a dose de haloxyfop para controlar capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), quando a aplicação é feita no momento em que as plantas se encontram com 3 a 4 folhas, sem comprometer a eficácia do controle.

Dentre as espécies de plantas daninhas mais difundidas no País, destaca-se a *B. decumbens* - invasora agressiva de áreas de lavouras anuais e perenes, que se reproduz por sementes ou vegetativamente (LORENZI, 2000). Esta espécie forma densas touceiras e suprime espécies nativas de seu habitat, prejudicando a produção das lavouras e aumentando os custos de controle. Além da competição que se observa em lavouras como soja, feijão e cana-de-açúcar, *B. decumbens* também possui efeito alopatóico negativo nas culturas de citrus, eucalipto e café. Comumente, o seu controle é feito por meio da aplicação de herbicidas (SOUZA *et al.*, 2003; HOSS *et al.*, 2003).

Com relação aos herbicidas mais usados no controle de *B. decumbens*, o glyphosate tem se mostrado cada vez mais freqüente, principalmente, devido ao aumento das áreas cultivadas em sistema de semeadura direta e cultivos transgênicos (ALVARENGA *et al.*, 2001). Isso ocorre, principalmente, devido ao fato desse herbicida possuir grande eficácia no controle da maioria das plantas daninhas, ser de custo acessível e de fácil aplicação.

O glyphosate é um herbicida sistêmico, não seletivo, recomendado para uso em pós-emergência de plantas daninhas, e apresenta muito curto efeito residual no solo. Sua ação baseia-se na inibição da ação da enzima 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintetase (EPSPs), interrompendo a síntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina, essenciais ao crescimento de novos tecidos vegetais (SHANER e BRIDGES, 2003).

Neste trabalho, objetivou-se determinar a tolerância de *B. decumbens* ao glyphosate, aplicado em três estádios de crescimento das plantas, visando estabelecer parâmetros rastreáveis para certificação de lavouras.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados experimentos na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia - FIT/UFV - fim de determinar as doses necessárias para o controle de *B. decumbens* em função dos estádios de crescimento.

No intuito de obter estande uniforme, sementes de *B. decumbens* foram colocadas para germinar. Após uma semana, transplantaram-se, aleatoriamente, quatro plântulas por vaso de polietileno com capacidade para três litros de solo.

Os tratamentos constaram de seis doses de glyphosate, aplicadas aos 20, 40 e 60 dias após a emergência (DAE) das plantas, com quatro repetições. Aos 20 DAE as plantas se encontravam com altura média de 38 cm e possuíam dois perfilhos. Aos 40 DAE estavam com 47 cm e possuíam três perfilhos. Aos 60 DAE estavam com 83 cm e possuíam quatro perfilhos. Em cada época de aplicação foram usadas quatro testemunhas, que não receberam herbicida.

As doses do herbicida, aplicadas em cada estágio de crescimento das plantas de *B. decumbens*, estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Doses de glyphosate aplicadas em plantas de *B. decumbens* em três estádios de crescimento

Dias após a emergência	Dose de glyphosate (g ha ⁻¹)					
20	100	200	300	400	500	1000
40 e 60	100	200	400	600	800	1000

A aplicação foi realizada utilizando-se um pulverizador de pressão constante equipado com uma barra com duas pontas XR 110 02. O volume de pulverização empregado foi de 150 L ha⁻¹. A temperatura e umidade relativa do ar, no momento das aplicações, eram de 21° C e 74 %, respectivamente. A velocidade do vento era de 2,45 km h⁻¹. Após as aplicações, os vasos foram acondicionados em casa de vegetação, sem irrigação, durante um período superior a 8 horas para garantir a absorção do herbicida.

Para avaliação da eficácia dos tratamentos, foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade aos 7, 14 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). Para isso, atribuíram-se notas percentuais de fitotoxicidade em relação à testemunha, de acordo com a escala percentual de controle, proposta pela Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Escala de avaliação visual proposta pela Asociación Latinoamericana de Malezas

Controle (%)	Classificação do controle
0-40	Muito ruim
41-60	Ruim
61-70	Regular
71-80	Bom
81-90	Muito bom
91-100	Ótimo

Fonte: Adaptado da Asociación Latinoamericana de Malezas – ALAM (1974).

Aos 30 DAA, foi determinada a porcentagem de acúmulo de biomassa seca das plantas daninhas em relação às testemunhas. Para isso, as plantas foram cortadas com tesoura próximo ao solo, depois foram identificadas, acondicionadas em saco de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçado regulada a 70 ± 1 °C, durante 72 horas. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão de 0,01g, para obtenção do acúmulo percentual de biomassa seca em relação às testemunhas.

Os dados de acúmulo da biomassa seca de *B. decumbens* e de rebrota, proporcionados pelas doses de glyphosate, dentro de cada estágio de crescimento, foram submetidos à análise de variância. Para isso, foram previamente transformados em arceseno $[(\%/100)^{1/2}]$, com a finalidade de lhes proporcionar distribuição normal. O efeito das doses do herbicida na eficácia do controle foi estudado por meio de análise de regressão no software SAEG 9.0 (Sistema de Análise Estatística e Genética - UFV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visualizam-se na Tabela 3, os resultados de fitotoxicidade proporcionados pelas diferentes doses de glyphosate nas três épocas de aplicação.

Tabela 3 – Controle de *B. decumbens* proporcionado pelas doses de glyphosate aplicadas em diferentes épocas de crescimento das plantas

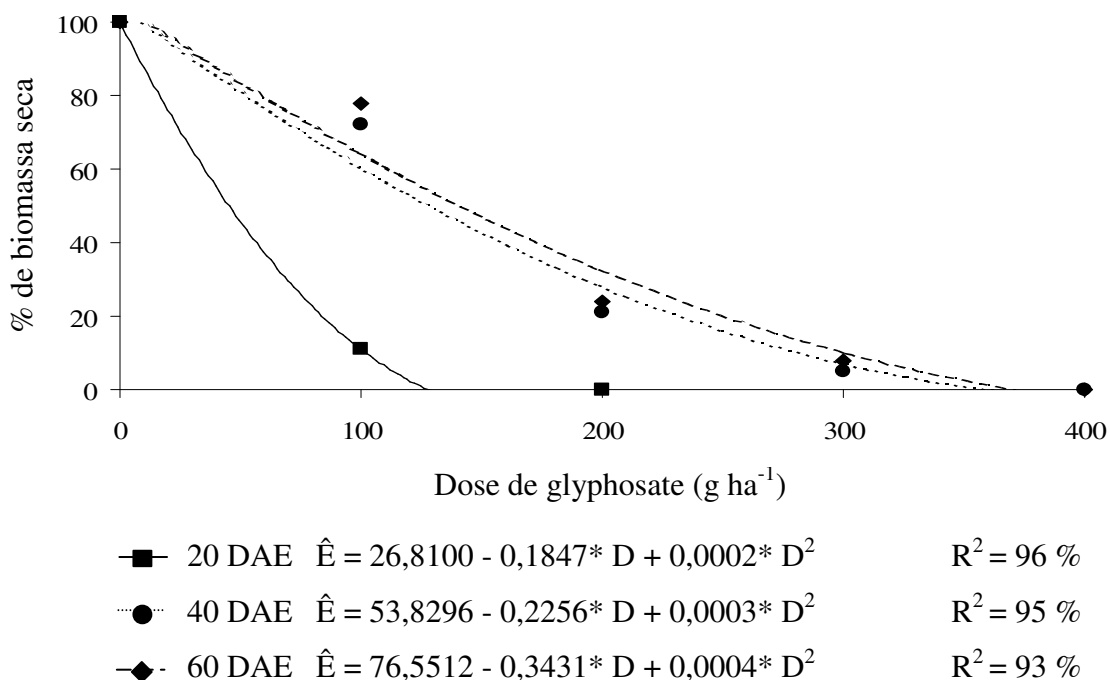
Dias após emergência	Doses de glyphosate (g h ⁻¹)	% de controle			
		Dias após aplicação			
		7	14	21	28
20	100	63	69	74	81
	200	93	100	100	100
	300	98	100	100	100
	400	98	100	100	100
	500	99	100	100	100
	1000	99	100	100	100
40	100	15	37	32	35
	200	45	81	88	86
	400	60	94	100	100
	600	62	97	100	100
	800	78	99	100	100
	1000	80	98	100	100
60	100	25	41	40	42
	200	65	97	100	100
	400	78	99	100	100
	600	81	98	100	100
	800	83	100	100	100
	1000	86	100	100	100

A dose de 100 g ha⁻¹ proporcionou controle de 81 % aos 28 DAA, quando aplicada aos 20 DAE. Quando aplicada aos 40 e 60 DAE, essa dose proporcionou controle de 35 e 42 %, respectivamente, aos 28 DAA. Quando se empregou a dose de

200 g ha⁻¹ o controle foi de 93 % já aos 7 DAA, evoluindo para 100 %, quando aplicada aos 20 DAE. Aos 40 DAE, a dose de 400 g ha⁻¹ proporcionou controle de 94 % aos 14 DAA e 100 % aos 21 DAA e aos 60 DAE controlou 99 % e 100 % aos 14 e 21 DAA, respectivamente.

Houve efeito significativo das doses de glyphosate no controle de *B. decumbens* aos 20, 40 e 60 DAE, quando se analisou o percentual de acúmulo de biomassa seca em relação à testemunha.

Verifica-se pelas curvas de acúmulo de biomassa seca que os três estádios de crescimento das plantas daninhas apresentaram respostas semelhantes entre si (Figura 1). As plantas de *B. decumbens* foram mais sensíveis ao glyphosate, quando a aplicação foi realizada aos 20 DAE, pois, neste estágio, a menor dose avaliada (100 g ha⁻¹), proporcionou redução de 89 % no teor de biomassa seca das plantas, aos 30 DAA. Todavia, nessa mesma época de aplicação, a dose de 200 g ha⁻¹, proporcionou controle total de *B. decumbens*. Nos estádios de 40 e 60 DAE, a dose de 200 g ha⁻¹ proporcionou redução de 79 % e 76 % na biomassa seca, respectivamente, enquanto a dose de 400 g ha⁻¹, causou morte de todas as plantas nessas duas épocas de aplicações.



* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 1 - Porcentagem de acúmulo de biomassa seca de plantas de *B. decumbens*, em função de doses glyphosate, aplicadas aos 20, 40 e 60 DAE, em relação às testemunhas que não receberam herbicida.

Normalmente, as doses de glyphosate recomendadas para o controle de *B. decumbens* situam-se entre 720 e 1.080 g ha⁻¹. Porém, com este trabalho, verificou-se que apenas 28 % da menor dose recomendada pelo fabricante foi suficiente para um controle total desta espécie, quando a aplicação foi realizada aos 20 DAE das plantas. Todavia, para aplicações realizadas aos 40 e 60 DAE, torna-se necessário 56 % da dose recomendada para o controle eficiente dessa espécie. Este fato justifica a necessidade de doses diferenciadas quanto ao estágio de crescimento das plantas.

Geralmente, plantas em estádios iniciais de desenvolvimento são mais susceptíveis aos herbicidas pelo fato de ainda não terem desenvolvido completamente seus mecanismos de defesa. Além disso, nessa fase, a atividade fisiológica das plantas é mais intensa, o que pode favorecer a ação do herbicida, proporcionando controles aceitáveis, ainda que sejam empregadas doses menores do que aquelas recomendadas.

CONCLUSÕES

- A dose de 100 g ha⁻¹ de glyphosate proporcionou controle de *B. decumbens* acima de 81 %, quando aplicada aos 20 dias após a emergência das plantas.
- A dose de 200 g ha⁻¹ de glyphosate, aplicada aos 20 dias após a emergência das plantas, proporcionou 100 % de controle de *B. decumbens*.
- A dose de 400 g ha⁻¹ de glyphosate, aplicada aos 40 e 60 dias após a emergência das plantas, proporcionou 100 % de controle de *B. decumbens*.

BIBLIOGRAFIA

ALVARENGA, R. C.; LARA C., W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ASOCIACIÓN LATINO AMERICANO DE MALEZAS-ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

BOSTRÖM, U.; FOGELFORS, H. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines. **Weed Science**, v. 50, n. 2, p. 186-195, 2002.

- DEVLIN, D. L.; LONG, J. H.; MADDUX, L. D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technol**, v. 5, n. 3, p. 834-840, 1991.
- FLECK, N.G. Doses reduzidas de herbicidas de pós-emergência para controle de papua em soja. **Planta daninha**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 21-28. 1994.
- HOSS, N. E.; AL-KHATIB, K.; PETERSON, D. E.; LOUGHIN, T. M. Efficacy of glyphosate, glufosinate, and imazethapyr on selected weed species. **Weed Science**, v. 51, n. 1, p. 110–117, 2003.
- KLINGMAN, T. E.; KING, C. A.; OLIVER, L. R. Effect of application rate, weed species, and weed stage of growth on imazethapyr activity. **Weed Science**, v. 40, n. 2, p. 227-232, 1992.
- LUCHINI, L. C. Dinâmica ambiental dos agrotóxicos. In: Simpósio Internacional De Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, p. 36-39, 2004.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 624 p., 2000.
- MACHADO, R.T. M. **Rastreabilidade, tecnologia de informação e coordenação de sistemas agroindustriais**. São Paulo, 2000. 239p. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.
- RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guanxuma em soja. **Planta daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 117-125, 2004.
- SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, p. 514-529, 2003.
- SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MAIOMONI-RODELLA, R. C. S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 3, p. 343-354, 2003.

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS TÉCNICOS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DO GLYPHOSATE NO CONTROLE DE *Brachiaria decumbens*

RESUMO

A definição dos parâmetros da aplicação de herbicidas é importante para o monitoramento e avaliação da qualidade das pulverizações. Objetivou-se com este trabalho, estimar parâmetros técnicos rastreáveis da tecnologia de aplicação do glyphosate no controle de *Brachiaria decumbens*. Utilizou-se um pulverizador centrífugo no intuito de se obter espectros e populações de gotas uniformes. Os tratamentos constaram da combinação de cinco rotações do pulverizador centrífugo (105, 157, 210, 262, 315 rad s⁻¹) com seis velocidades de deslocamento (0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 km h⁻¹), em três estádios de crescimento de *B. decumbens* (20, 40 e 60 dias após a emergência - DAE). Foram realizadas avaliações visuais e calculada a porcentagem de acúmulo de biomassa seca das plantas, em relação às testemunhas que não receberam herbicida. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e os dados foram analisados por meio de regressão múltipla. Observou-se que a pulverização do glyphosate, com menores diâmetros da mediana volumétrica (DMV) e porcentagem de cobertura (COB) e maiores densidades de gotas (DEN), proporcionaram melhores controles, sendo o comportamento das curvas ajustadas semelhantes entre si, nos três estádios de crescimento das plantas daninhas. Com o aumento do DMV e da COB há redução no valor na eficácia do controle, enquanto maiores DEN proporcionaram aumento da eficácia dos tratamentos. Foram obtidas estimativas de controles superiores a 91 %, quando o pulverizador foi utilizado de modo a proporcionar DMV de 327, 441 e 487 µm, COB 2,51; 4,59 e 5,58 % para os estádios de crescimento de 20, 40 e 60 DAE das plantas, respectivamente, desde que a DEN seja de 30 gotas cm⁻².

Palavras-chave: pulverização, planta daninha, rastreabilidade.

ESTIMATE OF TECHNICAL PARAMETERS OF THE TECHNOLOGY OF APPLICATION OF GLIFOSATO IN THE CONTROL OF *Brachiaria decumbens*

ABSTRACT

The definition of the parameters of the application of herbicides is important to monitor and to evaluate the quality of the applications. It was aimed at with this work, to esteem technical parameters tracked of the technology of application of the glyphosate in the control of *Brachiaria decumbens*. The treatments consisted of the combination of five rotations of the centrifugal pulverizer (105, 157, 210, 262, 315 rad s⁻¹) with six displacement speeds (0.5; 1.0; 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 km h⁻¹), in three stadiums of growth of *B. decumbens* (20, 40 and 60 DAE). Visual analyses and percentage of reduction of dry biomass of the plants were accomplished in relation to the witness. The rehearsal was driven in agreement with the delineamento entirely casualizado, with five repetitions and the data were analyzed through multiple regression. The visual evaluations indicated that the pulverization of the glyphosate with smaller diameters of the medium volumetric (DMV) and covering percentage (COB) and larger density of drops (DEN), they provided better control. The adjusted equations portrayed similar answers in the three stadiums. With the increase of DMV and of COB there is reduction in the value of the effectiveness of the control, while larger DEN provided increase of the effectiveness of the treatments. Done estimates of controls consider great (> 91%), were they obtained being operated the way pulverizer to provide DMV 327, 441 and 487 µm to the 20, 40 and 60 DAE of the plants, respectively, since DEN is 30 drops cm⁻² and what COB 2.51; 4.59; 5.58 %.

Keywords: pulverization, weed, traceability.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, o Brasil expandiu a área plantada em 28,5 %, sendo que, nesse período, a quantidade de grãos produzidos aumentou cerca de 135 %, o que demonstra elevado crescimento da produtividade das áreas cultivadas (GUANZIROLI, 2006). Para isso, os produtores têm utilizado muitos insumos, basicamente sementes, adubo e agrotóxicos disponíveis para o setor. Nesse contexto,

a aplicação de herbicidas também é uma prática de elevada importância para obtenção de altos rendimentos, uma vez que as plantas daninhas interferem nas culturas e, como consequência, reduzem a produtividade.

Uma das plantas daninhas mais difundidas e adaptadas às diversas condições de cultivos do País é a *B. decumbens*, a qual é responsável por sérios danos às culturas anuais e perenes. Para seu controle, comumente é realizada a aplicação de herbicidas em pós-emergência, principalmente o glyphosate (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Apesar de ser um herbicida pouco tóxico, a utilização do glyphosate requer cuidados especiais, pois, trata-se de uma molécula com elevado potencial para alterar a biodiversidade. Isso tem despertado, cada vez mais, a atenção de ambientalistas e contribuído para o surgimento de um mercado consumidor cada vez mais exigente quanto à qualidade dos alimentos produzidos e a sustentabilidade ambiental. Conseqüentemente, os produtores se vêm obrigados a adotar novas tecnologias de aplicação visando à redução de perdas e maior rigor quanto ao monitoramento da qualidade das pulverizações.

De modo geral, durante muitos anos, os avanços tecnológicos no sentido de reduzir as perdas na aplicação de agrotóxicos resumiram-se, basicamente, no aprimoramento de equipamentos de pulverização e desenvolvimento de formulações mais adequadas às diferentes aplicações (DERKSEN *et al.*, 2001). Porém, a maioria das pulverizações é acometida por perdas pelo simples fato de o produtor não possuir parâmetros específicos de tecnologia de aplicação, que possibilitem monitorar as pulverizações e fornecer subsídios para a tomada de decisão quanto à qualidade das mesmas.

Assim, a determinação dos parâmetros da tecnologia de aplicação é muito importante em vários aspectos. Primeiramente, poderá contribuir para a diminuição de resíduos nas lavouras, por meio da redução das doses de agrotóxicos. Posteriormente, proporcionará ao produtor a possibilidade de se inserir em programas de certificação de lavouras, uma vez que seu produto poderá ser rastreado, atendendo, assim, às exigências do mercado consumidor quanto à produção de alimentos saudáveis e proteção ambiental.

Uma das possíveis maneiras de monitorar a qualidade de uma aplicação de agrotóxico consiste em analisar a deposição das gotas em alvos artificiais, a fim de determinar o espectro e a população de gotas mais adequados ao tratamento. Para

isso, devem ser determinados o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), o diâmetro da mediana numérica (DMN), a densidade de gotas (DEN), a porcentagem de cobertura (COB) e o coeficiente de homogeneidade (CH), que proporcionem controle mais eficaz (PALLADINI, 2000).

Os sistemas de pulverização empregados nas aplicações de agrotóxicos se baseiam, geralmente, em princípios hidráulicos. Nesses sistemas, o líquido é forçado a passar sob pressão por um orifício reduzido e, ao encontrar com o ar, sofre fragmentação em gotas. Em seguida, a força da gravidade auxilia o transporte das gotas produzidas até o alvo (ANTUNIASSI e BAIIO, 2004).

Embora proporcione boa uniformidade de distribuição volumétrica, o processo hidráulico de produção de gotas de pulverização resulta uma produção de gotas de diversos tamanhos, podendo comprometer a eficácia dos controles. De acordo com o Conselho Britânico de Proteção de Culturas (BCPC), as gotas com diâmetro inferior a 141 μm têm grande probabilidade de não atingirem o alvo, pois, são muito acometidas por deriva e evaporação (MIRALES e HEWITT, 1997). Lefebvre (1989), considera que as gotas com diâmetro superior a 800 μm , ao se chocarem contra o alvo, tendem a escorrer rapidamente para o solo e, assim, não há tempo suficiente para o produto agir. Por esta razão, torna-se necessário maior gasto do produto para a compensação dessas perdas, a fim de garantir deposição da quantidade mínima adequada do produto sobre o alvo.

Blanca (1999) sugere que aplicação adequada de agrotóxicos seja aquela realizada, empregando-se espectros de gotas uniformes, contribuindo, substancialmente, para a redução das perdas e proporcionando controle satisfatório. Venturelli *et al.* (2006) afirmam que gotas uniformes, normalmente, proporcionam maior eficiência biológica pelo fato de transportar, aproximadamente, a mesma concentração do produto, o que contribui para uma absorção mais uniforme do ingrediente ativo.

Dentre os equipamentos que normalmente produzem gotas uniformes, destaca-se o pulverizador centrífugo, cujo coeficiente de homogeneidade das gotas está, normalmente, próximo a 1,2; o que é considerado muito bom, pois, neste caso, a maioria das gotas produzidas possuem, aproximadamente, o mesmo diâmetro (LAGUNA, 2000).

Diversos trabalhos disponíveis na literatura divergem quanto à hipótese do tamanho da gota produzida afetar ou não a eficácia do glyphosate. Portanto, não há

consenso entre os vários autores, quanto ao espectro de gota mais adequado à aplicação deste herbicida, para o controle de plantas daninhas em geral.

Trabalhos realizados por Merritt (1982) e por Gebhardt *et al.* (1986) mostraram não haver efeito do tamanho da gota de glyphosate na eficácia dos tratamentos. Porém, segundo Prasad e Cadogan (1992) gotas pequenas podem proporcionar melhor controle na aplicação do glyphosate, pois, apresentam boa cobertura das folhas das plantas, e retêm o produto por mais tempo, favorecendo, assim, sua absorção.

Entretanto, Liu *et al.* (1996) ao trabalharem com uma amplitude de diâmetros de gotas de 326 a 977 μm , observaram aumento na absorção do glyphosate à medida que aumentava o diâmetro das gotas, desde que a concentração do herbicida permanecesse constante. Venturelli *et al.* (2006) também trabalharam com diferentes tamanhos de gotas para aplicação de glyphosate. Eles verificaram maior eficácia do glyphosate quando as gotas produzidas possuíam diâmetros superiores a 250 μm , provavelmente, devido ao fato de gotas pequenas terem sido acometidas por deriva.

Portanto, em face da necessidade de realização de pesquisas visando o estabelecimento de parâmetros da tecnologia de aplicação de herbicidas, objetivou-se com este trabalho, estudar a influência do espectro e da população de gotas na aplicação do glyphosate sobre a eficácia do controle de *B. decumbens*, visando estimar parâmetros técnicos rastreáveis, que possam ser utilizados em processos de certificação de lavouras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Instituto Estadual de Florestas – IEF situado no Campus da UFV, e as aplicações do herbicida foram realizadas no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - UFV.

O herbicida utilizado nos tratamentos foi o glyphosate (sal de isopropilamina), na formulação CS com 360 g L⁻¹ de equivalente ácido, aplicado aos 20, 40 e 60 dias após a emergência (DAE) de plantas de *B. decumbens*. As doses do herbicida empregadas em cada estágio de crescimento das plantas daninhas foram, previamente, determinadas por meio de ensaio em casa de vegetação, sendo

estabelecidas as seguintes doses: 150 g ha⁻¹ aos 20 DAE e 300 g ha⁻¹ aos 40 e 60 DAE.

No intuito de uniformizar os tratamentos, sementes de *B. decumbens* foram colocadas para germinar em caixas de polietileno com areia. Em seguida, aleatoriamente, transplantaram-se quatro plântulas para vasos de polietileno com capacidade para 3,5 L de solo.

O solo utilizado no experimento foi classificado como sendo Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, com 42 % de argila. Neste solo, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente eram de 38,3 % e 21,7 %, respectivamente. Foi realizado o monitoramento do teor de água nos vasos por meio de amostragens de solo, coletadas semanalmente. A irrigação dos vasos foi feita por microaspersão, sendo a lâmina de água ajustada em função da demanda das plantas e das condições ambientais diárias. No intuito de tornar mais homogêneas as condições no interior da casa de vegetação, diminuindo assim o erro experimental, realizou-se rodízio das posições dos vasos a cada sete dias.

Aos 20 DAE, época da primeira aplicação, as plantas se encontravam com aproximadamente 35 cm de altura e possuíam de a dois perfilhos. Na segunda aplicação, aos 40 DAE, as plantas estavam com, aproximadamente, 50 cm de altura e possuíam dois a três perfilhos. Na terceira aplicação, aos 60 DAE, as plantas estavam com aproximadamente 75 cm de altura e possuíam três a quatro perfilhos.

Para aplicação do herbicida, foi utilizado um pulverizador centrífugo acionado por um motor elétrico de corrente contínua de 9 watts de potência, equipado com dispositivo rotativo horizontal cônico de 0,08 m de diâmetro e monitorado por um potenciômetro, que permitia variar sua rotação. O reservatório de calda do pulverizador possuía capacidade para 12 L e, sempre que o nível de calda atingia 75 % da sua capacidade, ele era reabastecido. Assim, a variação da vazão de alimentação do dispositivo rotativo foi sempre inferior a 1 %.

O pulverizador centrífugo foi adaptado a uma barra de pulverização autodeslizante equipada com motor trifásico de 1 HP, sendo acionado por inversor de frequência vetorial modelo VFD-B, o qual possibilitava controlar o avanço e recuo do pulverizador em diferentes velocidades. Na Figura 1, apresenta-se o pulverizador centrífugo montado sob a barra de pulverização autodeslizante.



Figura 1 - Pulverizador centrífugo acoplado sob a barra de pulverização autodeslizante.

As pulverizações foram realizadas, empregando-se cinco rotações do dispositivo rotativo (105, 157, 210, 262, 315 rad s^{-1}) e seis velocidades de deslocamento do conjunto de pulverização (0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 km h^{-1}). Dessa forma, podia-se obter 30 espectros e população de gotas, proporcionados por cada condição de operação do equipamento. Para cada condição de operação, preparou-se previamente a calda de pulverização em galão de 20 L, de modo que a concentração do produto permanecesse constante, independentemente do volume de calda aplicado.

Durante as aplicações, os vasos foram posicionados sob a barra de pulverização autodeslizante, e a pulverização foi realizada a uma altura de 0,50 m das folhas mais altas das plantas (Figura 2).



Figura 2 - Pulverizador centrífugo montado sob a barra de pulverização autodeslizante durante as aplicações de glyphosate.

Foram posicionadas também, quatro etiquetas de papel hidrossensível em um suporte próximo às plantas visando à aquisição de imagens para determinação do espectro e da população de gotas no momento das aplicações.

Como ensaios anteriores mostraram que a leitura de manchas em etiquetas de papel hidrossensível é dificultada, quando submetidas a porcentagens de coberturas superiores a 15 %, previu-se que, para alguns tratamentos, seria necessária a utilização da metodologia do papel contact para a determinação do tamanho das gotas. Assim, foram realizados ensaios preliminares, empregando-se o papel contact no intuito de verificar os espectros de gotas proporcionados por cada condição de operação do equipamento. Esse ensaio foi realizado antes da aplicação do herbicida, pois, neste caso, é necessária a adição de corante escuro à água de pulverização para obter contraste na superfície amostradora. Assim, utilizou-se o corante negro de marca Guarany, indicado para tintura de tecidos, na proporção de 10 g L⁻¹ de água.

As imagens das etiquetas para análise foram obtidas, utilizando-se um “scanner” marca Hewlett Packard, modelo Scanjet 4p, com resolução de 600 dpi. Cada grupo de etiquetas do mesmo tratamento, devidamente identificadas, foram escaneadas e processadas no programa computacional para análise de imagens “Image Tool”, versão 2.0, calibrado com a imagem de um paquímetro escaneado da mesma forma das etiquetas e o programa “Excel”.

O tamanho das gotas, coletadas no papel hidrossensível, foi corrigido por meio da Equação 1, proposta por Chaim *et al.* (1999).

$$F(D)=0,74057+0,0001010399.D+0,2024884.\ln(D) \quad (1)$$

em que

F = fator de espalhamento;

D = diâmetro-limite de cada classe de tamanho da mancha (µm).

Utilizou a Equação 2 para a correção da dispersão das gotas na etiqueta de papel contact (RODRIGUES, 2005).

$$\hat{Y}=1,6454x-12,33 \quad (2)$$

em que

\hat{Y} = diâmetro da mancha, µm;

x = diâmetro da gota, µm.

As aplicações foram realizadas em uma câmara especial para ensaios de pulverização, monitorando-se a temperatura e a umidade relativa do ar, de modo que as condições ambientais fossem propícias para aplicação do herbicida. Foram determinados a população e o espectro das gotas da pulverização com base no diâmetro da mediana volumétrica (DMV), na densidade populacional (DEN) expressa em número de gotas por unidade de área (gotas cm⁻²) e na distribuição espacial da deposição, baseada na porcentagem de cobertura da superfície amostradora (COB).

Após as aplicações, as plantas foram irrigadas somente após transcorrido um tempo superior a 8 horas, a fim de garantir a absorção do herbicida pelas folhas das plantas.

Avaliação da eficácia dos controles de *Brachiaria decumbens*

Para avaliação da eficácia dos controles, foram realizadas análises visuais e porcentagem de acúmulo de biomassa seca em relação às testemunhas.

As avaliações visuais foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após as aplicações (DAA) do glyphosate. Para isso, atribuíram-se notas percentuais de fitotoxicidade em relação à testemunha, de acordo com a escala percentual de controle, proposta pela Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Escala de avaliação visual proposta pela Asociación Latinoamericana de Malezas

Controle (%)	Classificação do controle
0-40	Muito ruim
41-60	Ruim
61-70	Regular
71-80	Bom
81-90	Muito bom
91-100	Ótimo

Fonte: Adaptado da Asociación Latinoamericana de Malezas – ALAM (1974).

Aos 30 DAA, foi determinada a porcentagem de acúmulo de biomassa seca das plantas daninhas, em relação às testemunhas. Para isso, as plantas foram cortadas com tesoura próximo ao solo. Depois elas foram identificadas, acondicionadas em

saco de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçado, regulada a 70 ± 1 °C, onde permaneceram durante 72 horas. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g para posterior obtenção do percentual de acúmulo biomassa seca, em relação às testemunhas.

Descrição dos tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos constaram da combinação de cinco rotações do dispositivo rotativo (105, 157, 210, 262, 315 rad s⁻¹) e de seis velocidades de deslocamento do pulverizador (0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 km h⁻¹). Eles foram analisados separadamente em três estádios de crescimento das plantas daninhas (20, 40 e 60 DAE), com cinco repetições e três testemunhas para cada época de aplicação, totalizando 465 vasos. Cada unidade experimental constou de um vaso contendo 3,5 litros de solo, com quatro plantas de *B. decumbens* em cada um.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 30 tratamentos, cada um constituído por diferentes espectros e populações de gotas, analisados em três estádios de crescimento das plantas daninhas. Havia três testemunhas (uma para cada estágio de crescimento das plantas), que não receberam herbicida.

Para a análise de variância, a normalidade dos dados referentes ao acúmulo da biomassa seca, foi analisada pelo teste de Lilliefors (P=0,01). Em seguida, caso necessário, os dados foram transformados em arcseno $[(\%/100)^{1/2}]$, com a finalidade de proporcionar-lhes distribuição normal.

Os dados foram analisados por meio de regressão múltipla, (Equação 3) a fim de ajustar uma equação que possibilitasse estimar cada parâmetro da tecnologia de aplicação.

$$\hat{Y}_j = \alpha + \sum \beta_i X_{ij} + \varepsilon_j \quad (3)$$

em que

\hat{Y}_j = estimativa da eficácia do controle (%);

α = coeficiente linear;

β_i = coeficiente de regressão das variáveis independentes;

X_{ij} = DMV, DEN, COB na repetição j ;

ε_j = erro aleatório associado à DMV, DEN, COB na repetição j .

A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes de regressão e no coeficiente de determinação (R^2). Após a definição dos modelos, foram estimadas superfícies de respostas e, em seguida, realizaram-se cortes nas mesmas, no intuito de verificar o efeito dos parâmetros com maior influência na eficácia dos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas no software SAEG 9.0 (Sistema de Análise Estatística e Genética - UFV), sendo as superfícies de resposta analisadas no software STATISTICA 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura e umidade relativa do ar no momento das aplicações são relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Temperatura e umidade relativa do ar no momento das aplicações de glyphosate

Época de aplicação (DAE)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)
20	21,0	80
40	17,5	84
60	18,0	85

Nos tratamentos com porcentagem de cobertura superior a 10 %, realizados com umidade relativa do ar superior a 88 %, as etiquetas de papel hidrossensível mostraram-se inadequadas para determinação dos diâmetros das gotas, devido à união das manchas quando houve alta densidade de gotas. Por isso, considerou-se o espectro de gotas em cada tratamento determinado preliminarmente, utilizando-se etiquetas de papel contact, uma vez que elas não apresentaram os mesmos problemas das etiquetas de papel hidrossensível.

Na Figura 3, vêem-se as etiquetas de papel contact e hidrossensível, que foram submetidas aos tratamentos com alta densidade de gotas.

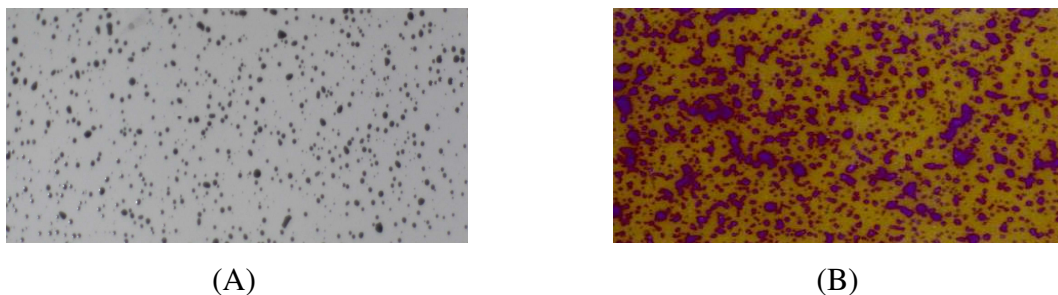


Figura 3 - Etiqueta de papel contact (A) e etiqueta de papel hidrossensível (B) com alta densidade de gotas de pulverização.

Na Tabela 3, observam-se os diâmetros da mediana volumétrica, as densidades de gotas e as porcentagens de coberturas, proporcionados pelos tratamentos compostos pelas diferentes formas de operação do pulverizador centrífugo. Nota-se que o pulverizador proporcionou altas variações no DMV, na DEN e na COB.

Aumentos de velocidade e rotação provocam diminuição nos diâmetros das gotas, que variaram de 259 a 692 μm . Por outro lado, o aumento da rotação e diminuição da velocidade, proporcionou variação de 18 a 179 gotas cm^{-2} na densidade de gotas e de 1,94 a 27,06 na porcentagem de cobertura.

A importância de um pulverizador possibilitar variar facilmente o espectro e população de gotas reside no fato de poder adaptá-lo a diferentes formas de tratamento sem promover grandes alterações na sua estrutura ou modo de funcionamento, garantindo maior rendimento na operação.

Tabela 3 - Diâmetro da mediana volumétrica, densidade de gotas e porcentagem de cobertura em função da velocidade de deslocamento e rotações do pulverizador centrífugo

Tratamentos			DMV (μm)	DEN (gotas cm^{-2})	COB (%)
Velocidade (km h^{-1})	Rotação (rad s^{-1})	Número do tratamento			
0,5	105	1	692	75	21,39
	157	2	573	95	23,18
	210	3	504	119	24,22
	262	4	492	152	25,64
	315	5	490	179	27,06
1,0	105	6	507	67	12,67
	157	7	424	73	12,89
	210	8	401	89	13,40
	262	9	379	146	14,68
	315	10	358	166	15,77
1,5	105	11	435	53	7,83
	157	12	360	63	8,24
	210	13	338	89	8,50
	262	14	313	124	9,03
	315	15	311	129	9,85
3,0	105	16	431	25	4,43
	157	17	340	33	4,38
	210	18	305	51	4,98
	262	19	297	73	5,86
	315	20	268	75	5,48
4,5	105	21	425	20	2,86
	157	22	333	27	2,95
	210	23	292	35	3,07
	262	24	302	44	3,44
	315	25	262	60	3,48
6,0	105	26	390	18	1,94
	157	27	329	20	2,09
	210	28	285	33	2,62
	262	29	274	37	2,53
	315	30	259	52	2,92

Observam-se nas Figuras 4, 5, e 6, as evoluções da porcentagem de fitotoxicidade, proporcionados pelos diversos tratamentos às plantas de *B. decumbens*.

De modo geral, nas avaliações realizadas aos 7 DAA, todos os tratamentos, independentemente da época de aplicação, apresentaram controles inferiores a 30 %, sendo considerados muito ruins (ALAM, 1974). Tal fato já era esperado, pois, geralmente as plantas tratadas com glyphosate morrem lentamente. Esse efeito se

deve ao mecanismo de ação do glyphosate que atua inibindo a enzima EPSP sintase, provocando paralisação do crescimento de novos tecidos das plantas e disfunção no ciclo do carbono. Conseqüentemente, a planta perde a capacidade de sintetizar carboidrato (SHANER e BRIDGES, 2003).

A fitotoxicidade ocasionada pelo glyphosate na dose de 150 g ha^{-1} , aplicada aos 20 DAE, também foi muito ruim ($< 40 \%$) nos cinco primeiros tratamentos, em todas as avaliações (Figura 4). Vale destacar que nas avaliações realizadas no primeiro tratamento, os efeitos fitotóxicos reduziram-se à medida que as plantas se desenvolveram. Nesses tratamentos, o DMV variou de 490 a $692 \mu\text{m}$; a DEN, de 75 a 179 gota cm^{-2} ; e a COB, de $21,39 \%$ a $27,06 \%$.

Apesar das altas DENs e COBs nesses tratamentos, o que poderia proporcionar a eficácia do controle, provavelmente o alto DMV obtido resultou em escorrimento do produto sobre as folhas das plantas, não havendo tempo para o produto se fixar e ser absorvido. É provável que isto tenha comprometido a eficácia dos cinco primeiros tratamentos.

De acordo com Saab *et al.* (2002), a atividade biológica de herbicidas sistêmicos sobre as folhas, está relacionada a fatores concernentes à interação físico-química da formulação e à superfície da planta. Um importante aspecto desta interação é a quantidade da dose depositada sobre as folhas. Assim, quanto mais gotas ficarem retidas, maior dose poderá estar disponível para absorção pelas plantas e mais eficientemente será o controle.

Nos tratamentos 6, 7, 8, 9 e 10, em que a variação do DMV foi de 358 a $507 \mu\text{m}$; da DEN foi de 67 a $166 \text{ gotas cm}^{-2}$ e da COB foi de $12,67 \%$ a $15,77 \%$, os controles foram de regular a bom (60% a 80%), na avaliação feita aos 28 DAA. Somente a partir do tratamento 11º, os controles foram considerados muito bons ($< 81 \%$), nas avaliações realizadas aos 28 DAA. A partir desse tratamento, a variação do DMV, da DEN e da COB foi de 435 a $259 \mu\text{m}$; 53 a 18 gotas cm^{-2} ; $7,83 \%$ a $1,94 \%$, respectivamente, proporcionando maiores índices de controles da planta daninha. A utilização da gota fina causa impactos mais suaves e, conseqüentemente, menor fracionamento. Por isso, a sua capacidade de aderência aumenta e as perdas por escorrimento sobre as superfícies das folhas diminuem.

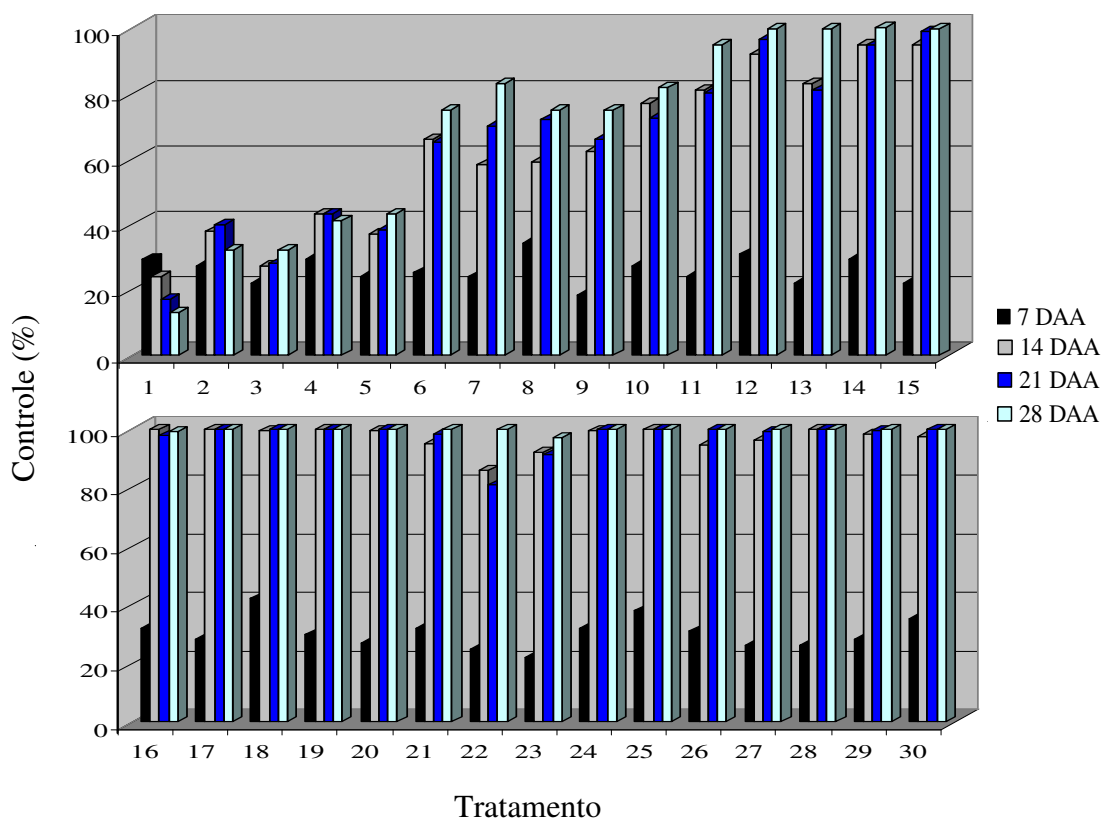


Figura 4 - Porcentagem de controle de *B. decumbens*, proporcionada pelos tratamentos com glyphosate, realizados aos 20 DAE das plantas, na dose de 150 g ha⁻¹ e avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação.

A dose empregada aos 40 e 60 DAE das plantas (300 g ha⁻¹), proporcionou maiores sintomas de fitotoxicidade em todos os tratamentos, em relação à dose empregada na aplicação aos 20 DAE (150 g ha⁻¹). Entretanto, nas avaliações realizadas aos 7 DAA, as aplicações aos 40 e 60 DAE também causaram menores controles, em relação às demais épocas de avaliação (Figuras 5 e 6). Nessas épocas de aplicação, controles acima de 81 % foram obtidos, quando se utilizou DMV entre 507 e 259 μm, DEN entre 67 e 18 gota cm⁻² e COB entre 12,67 % e 1,94 %.

Em geral, a pulverização do glyphosate com menores DMV e COB e maiores DEN, proporcionaram melhores controles da *B. decumbens*. Isso ocorre, provavelmente, em função da maior capacidade que as gotas menores possuem de se fixarem à superfície foliar, favorecendo maior absorção do herbicida.

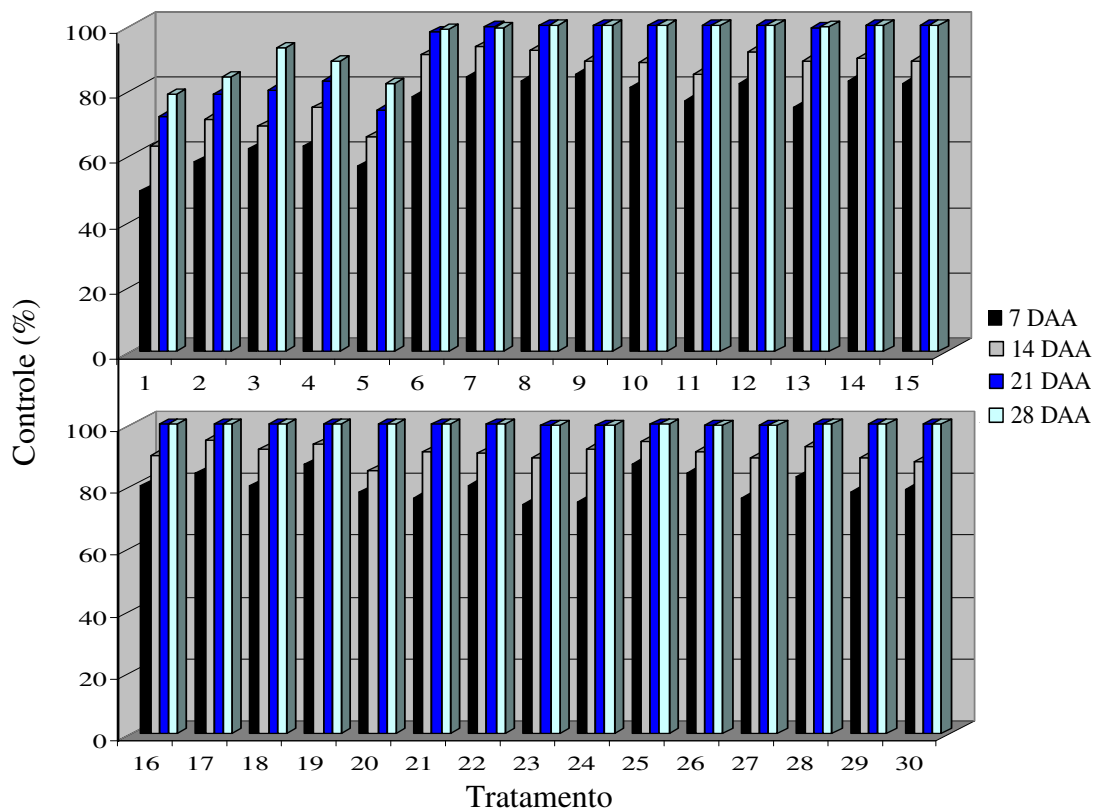


Figura 5 - Porcentagem de controle de *B. decumbens* proporcionada pelos tratamentos com glyphosate, realizados aos 40 DAE, na dose de 300 g ha^{-1} e avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação.

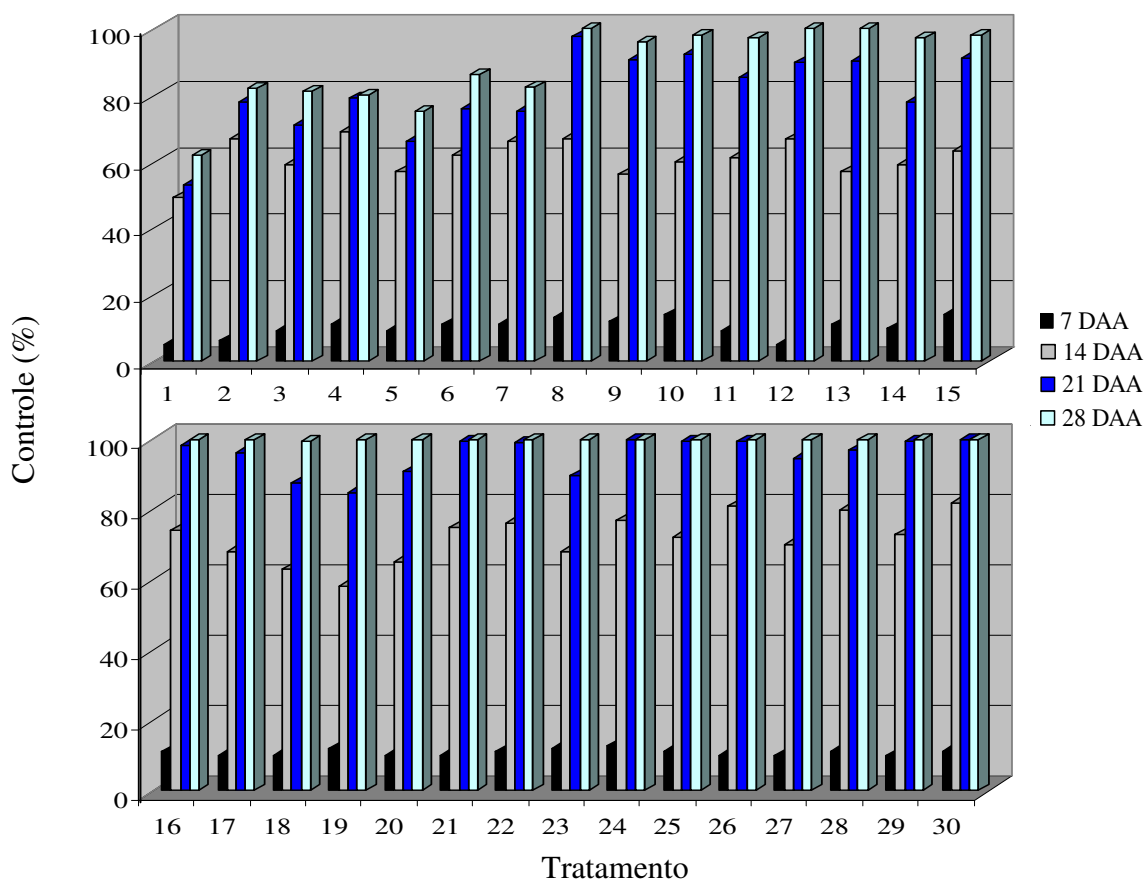


Figura 6 - Porcentagem de controle de *B. decumbens* proporcionada pelos tratamentos com glyphosate, realizados aos 60 DAE, na dose de 300 g ha^{-1} e avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação.

Quanto ao acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens* em relação às testemunhas, a análise de variância mostrou significância entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste F, nas três épocas de aplicação do herbicida.

De acordo com a análise de variância dos parâmetros de regressão múltipla, a falta de ajuste das equações não foi significativa, pelo teste F a 5 % de probabilidade, em cada época de aplicação do glyphosate. Além disso, somente os parâmetros DEN e COB apresentaram significância pelo teste t a 1 % de probabilidade. Verificou-se também que, ao retirar o parâmetro DMV da equação, o coeficiente de determinação (R^2) foi pouco alterado, indicando que o mesmo possui menor importância na explicação do fenômeno. O mesmo efeito não foi verificado quando se retirou da equação qualquer outro parâmetro.

Isto indica que o tamanho da gota formada durante a pulverização não afeta diretamente a eficácia do glyphosate no controle de *B. decumbens*, mas a distribuição populacional dessas gotas sobre as folhas dessas plantas é determinante na eficácia da aplicação.

Desta forma, as equações que melhor representam os efeitos observados, em cada estágio de aplicação, foram ajustadas em função dos parâmetros densidade de gotas e porcentagem de cobertura. Todas as equações apresentaram resposta linear.

Na Tabela 4, observam-se as equações ajustadas que melhor representam o efeito da eficácia dos tratamentos com glyphosate, aplicado com diferentes espectros de gotas, aos 20, 40 e 60 dias após a emergência de *B. decumbens*.

Tabela 4 - Equações ajustadas em função do controle de *B. decumbens* proporcionado pelas aplicações de glyphosate aos 20, 40 e 60 DAE

DAE	Equação ajustada	R^2	Eq.
20	$E = 93,2840 + 0,2439^* \text{ DEN} - 3,8180^* \text{ COB}$	94 %	7
40	$E = 97,5370 + 0,1032^* \text{ DEN} - 2,1002^* \text{ COB}$	93 %	8
60	$E = 99,0102 + 0,1238^* \text{ DEN} - 2,1018^* \text{ COB}$	76 %	9

* Significativo a 1 % pelo teste t.

em que

\hat{E} = estimativa de eficácia, em porcentagem de acúmulo de biomassa seca;

DEN = densidade de gotas, gotas cm^{-2} ;

COB = porcentagem de cobertura.

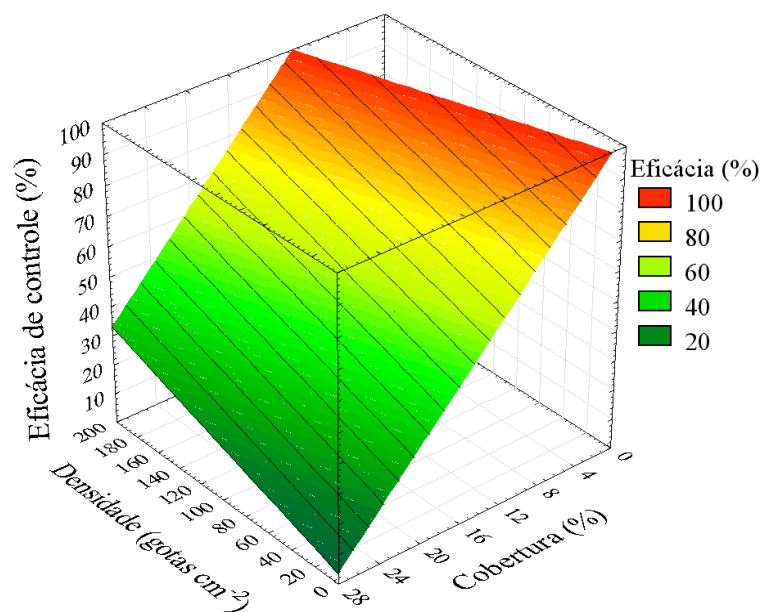
Os coeficientes de determinação (R^2) das curvas obtidas, foram superiores a 0,76, o que demonstra que grande parte da variação da eficácia foi explicada pelos parâmetros da tecnologia de aplicação do glyphosate. O menor coeficiente de determinação observado na aplicação aos 60 DAE (0,76), pode ser explicado devido à influência de algumas variáveis que não puderam ser controladas neste trabalho. Neste contexto, pode-se citar, o crescimento desuniforme do sistema radicular no espaço reduzido proporcionado pelos vasos e o desenvolvimento diferenciado de perfilhos nas parcelas.

Em geral, as Equações 7, 8 e 9 retratam respostas semelhantes nos três estádios estudados. O sinal positivo das médias de DEN indica aumento na eficácia dos tratamentos, quando se opera o pulverizador com maiores densidades de gotas depositadas sobre o alvo. Estes resultados comprovam aqueles obtidos anteriormente em avaliações visuais.

O fato de as maiores densidades de gotas e menores porcentagens de cobertura terem proporcionado melhor controle, indica a necessidade de utilização de gotas com menores diâmetros, as quais possuem maior capacidade de adesão à superfície foliar. É provável que este efeito possa ter sido favorecido pela anatomia das folhas da espécie em estudo. Estas se caracterizam por serem estreitas e compridas, posicionando-se de modo aproximadamente paralelo ao trajeto de deposição das gotas de pulverização. Assim, acredita-se que as gotas maiores podem ter escorrido rapidamente da superfície das folhas. Apesar de se tratar de um produto de ação sistêmica, é provável que não houve tempo suficiente para o mesmo se fixar e ser absorvido, resultando baixos controles.

Com os modelos ajustados, foi possível estimar a eficácia de controle nas faixas compreendidas entre 20 e 100 %, 50 e 100 % e 70 e 100 % para a aplicação do herbicida, realizada aos 20, 40 e 60 e DAE, respectivamente.

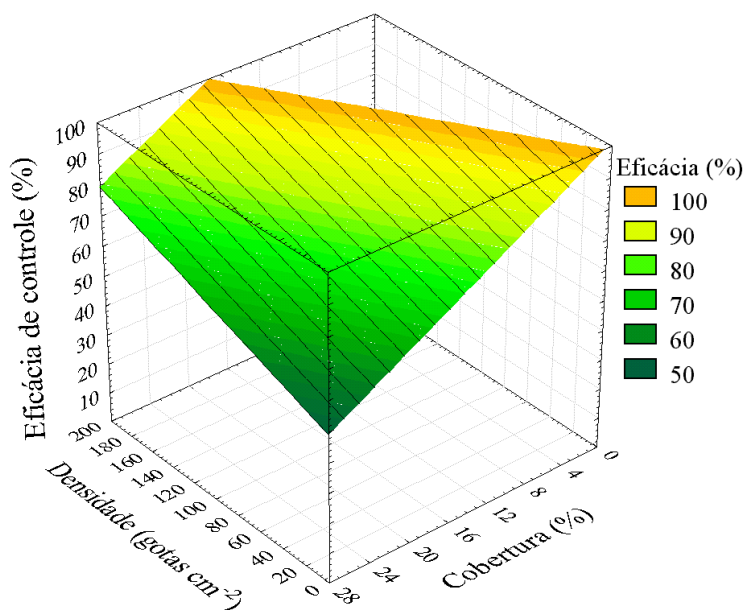
Vêm-se nas Figuras 7, 8 e 9, as superfícies de respostas, representando o comportamento da densidade de gotas e porcentagem de cobertura do alvo, nas aplicações realizadas aos 20, 40 e 60 DAE, respectivamente.



$$E = 93,2840 + 0,2439 * DEN - 3,8180 * COB \quad R^2 = 94 \%$$

* Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

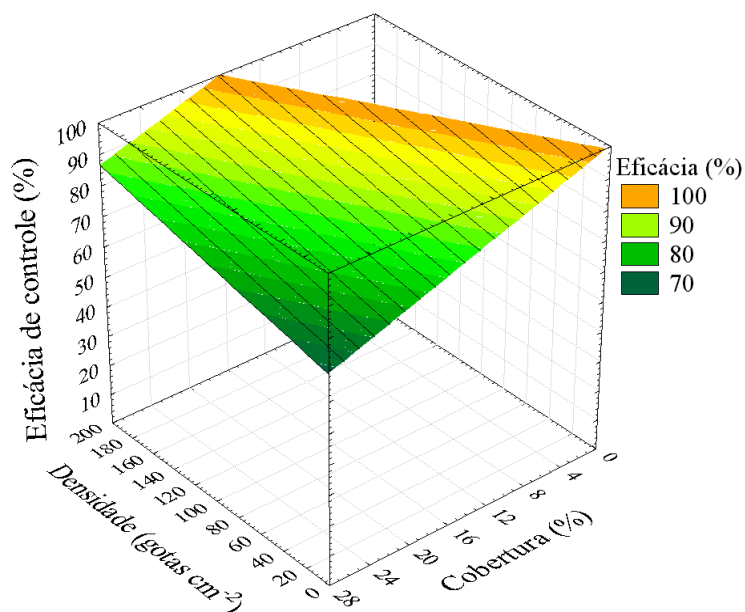
Figura 7 - Eficácia do glyphosate aplicado na dose 150 g ha⁻¹ aos 20 DAE, em diferentes densidades de gotas e porcentagens de cobertura do alvo, no controle de *B. decumbens*.



$$E = 97,5370 + 0,1032 * DEN - 2,1002 * COB \quad R^2 = 93 \%$$

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 8 - Eficácia do glyphosate aplicado na dose 300 g ha⁻¹ aos 40 DAE, em diferentes densidades de gotas e porcentagens de cobertura do alvo, no controle de *B. decumbens*.



$$E = 99,0102 + 0,1238 * DEN - 2,1018 * COB \quad R^2 = 76 \%$$

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 9 - Eficácia do glyphosate aplicado na dose 300 g ha^{-1} aos 60 DAE, em diferentes densidades de gotas e porcentagens de cobertura do alvo, no controle de *B. decumbens*.

Na Figura 10, observam-se os cortes nas superfícies de respostas, obtidas nos tratamentos realizados aos 20, 40 e 60 DAE de *B. decumbens*. As linhas desta figura representam a combinação necessária dos parâmetros densidades de gotas e porcentagens de cobertura do alvo para obter controle de 91 %.

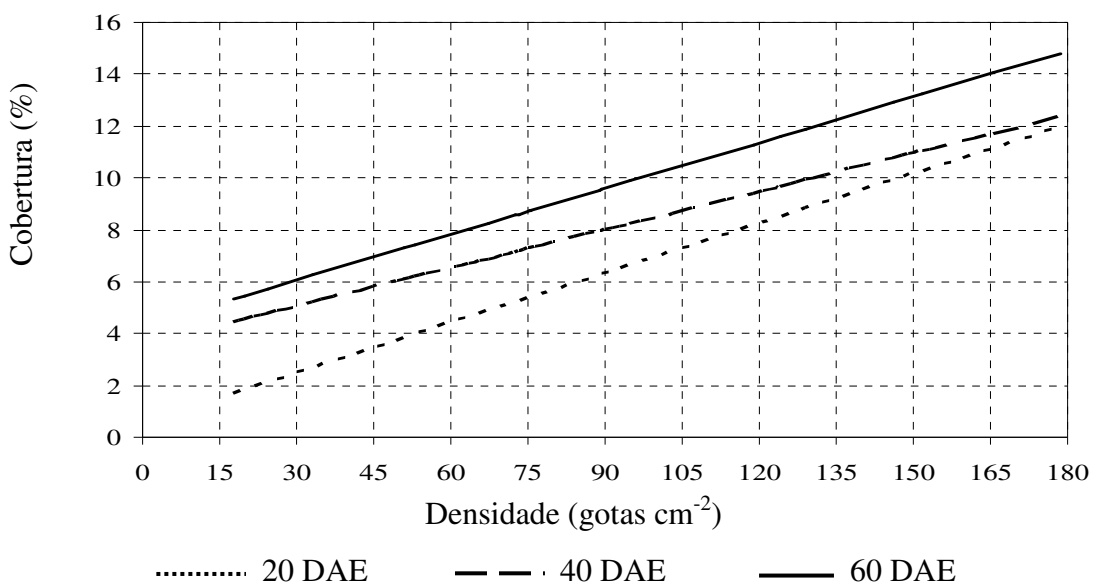


Figura 10 - Corte na superfície de resposta para eficácia de 91 % de controle de *B. decumbens*, em função da cobertura e da densidade de gotas, proporcionada pela aplicação de glyphosate aos 20 DAE na dose de 150 g ha^{-1} , e 40 e 60 DAE na dose de 300 g ha^{-1} .

De posse dos parâmetros DEN e COB, pode-se calcular o diâmetro teórico, e assim, obtêm-se os parâmetros da aplicação quanto ao espectro e a população de gotas mais adequados para o controle (Equação 10):

$$DT = \left(\frac{C \times 10^6}{\frac{\pi}{4} \times d} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

em que

- DT = diâmetro teórico, μm ;
- C = cobertura do alvo, %;
- d = densidade de gotas, gotas cm^{-2} .

As estimativas de controle de *B. decumbens* consideradas ótimas (> 91 %), podem ser obtidas, quando o pulverizador é utilizado de modo a proporcionar DMV de 327, 441 e 487 μm , COB 2,51; 4,59 e 5,58 % para as épocas de aplicação de 20, 40 e 60 DAE das plantas, respectivamente, desde que a DEN seja de 30 gotas cm^{-2} . Esses valores se aproximam daqueles propostos por Bharthelemy *et al.* (1990) que, em geral, citam a necessidade de se trabalhar com DMV de 200 a 600 μm e densidade de gotas de 30 a 40 gotas cm^{-2} , afim de obter um controle satisfatório de plantas daninhas com herbicidas aplicados em pós-emergência.

Segundo Liu (1996), quando a concentração do herbicida permanece constante durante a aplicação, a dose do produto depositada por unidade de área aumenta com incrementos no DMV. Tal ocorrência pode explicar a necessidade do maior DMV (487 μm) para controlar plantas de *B. decumbens* aos 60 DAE, uma vez que elas, sendo menos susceptíveis, precisam absorver maior quantidade de herbicida depositado sobre as folhas para garantir a eficácia do tratamento. As plantas mais novas, por serem mais susceptíveis, podem ser controladas com menor quantidade de produto depositado e absorvido. Por isso, provavelmente, houve ótimo controle de *B. decumbens* aos 20 DAE, empregando-se gotas de 327 μm .

Em geral, à medida que a densidade de gotas é aumentada, verifica-se redução no diâmetro necessário à obtenção de um mesmo controle. Isto é desejável, uma vez que pequenas variações no DMV podem acarretar mudanças substanciais nos volumes de pulverização aplicados, afetando os riscos ambientais e custos de aplicação.

O volume de calda, empregado nas aplicações, variou de acordo com a velocidade de deslocamento do pulverizador e com a faixa de pulverização proporcionada pelas rotações (Tabela 5).

Tabela 5 - Volumes de pulverização (L ha⁻¹), empregados na aplicação do glyphosate, proporcionados pelas velocidades e faixa útil de aplicação do pulverizador centrífugo

Faixa útil de aplicação (m)	Velocidade (km h ⁻¹)					
	0,5	1,0	1,5	3,0	4,5	6,0
1,8	660	330	220	110	75	57
2,0	600	300	200	100	65	50
2,2	550	270	180	90	60	45
2,4	500	250	165	80	55	40

O pulverizador proporcionou aplicação de volumes de calda que variaram de muito baixo (40 L ha⁻¹) a alto (660 L ha⁻¹). Os controles foram progressivamente maiores à medida que o volume de aplicação diminuiu, sendo superiores a 91 %, quando se utilizaram volumes de calda entre 40 e 220 L ha⁻¹. Para esta faixa de volume aplicado, o valor médio do DMV foi de 328, com DEN de 53 gotas cm⁻² e COB de 4,82 %.

Menores volumes de calda podem ter proporcionado maior controle devido à maior concentração do herbicida nas gotas de pulverização, depositadas sobre as superfícies das folhas. Esse fato pode favorecer a absorção do herbicida. Este resultado está de acordo com aquele obtido por Venturelli *et al.* (2006), onde os autores verificaram aumento na mortalidade das plantas à medida que se aumentava a concentração do glyphosate depositado sobre a superfície foliar, mantendo-se constante a dose empregada.

Vale ressaltar que a redução do volume de pulverização proporciona vantagens como a redução no número de reabastecimento do pulverizador, diminuindo, assim, o tempo de aplicação e racionalizando o uso das máquinas e equipamentos. Ademais, a utilização desses volumes pode contribuir para diminuição do escorrimento do produto para o solo e redução da poluição ambiental, resultando menores custos e perdas nas aplicações.

CONCLUSÕES

- A eficácia do glyphosate no controle de *B. decumbens* foi afetada pela densidade de gotas e pela porcentagem de cobertura do alvo.
- As aplicações de glyphosate com 30 gotas cm^{-2} aos 20, 40 e 60 DAE das plantas proporcionou controle de *B. decumbens* superior a 91 %, trabalhando-se com diâmetro da mediana volumétrica de 327, 441 e 487 μm e porcentagem de cobertura de 2,51; 4,59 e 5,58, respectivamente.
- Glyphosate aplicado em baixo volume de pulverização (40 L ha^{-1}) proporcionou controle de *B. decumbens* superior a 91 %.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, R.C.; LARA C., W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ANTUNIASSI U. R.; BAIO F. H. R. Tecnologia da aplicação de defensivos. Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas. **In.**: Absorção e translocação de herbicidas nas plantas. VARGAS L., ROMAN S.E., Embrapa Uva e Vinho, p. 145-184. 2004.
- ASOCIACIÓN LATINO AMERICANO DE MALEZAS-ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- BHARTHELEMY, P.; BOISGONTIER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulvérisations**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages – ITCF, 160p., 1990.
- BLANCA, A. L. **Maquinaria agrícola: constitución, funcionamiento, regulación y cuidados**. 3.ed. Madrid: Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação, 361p., 1999.
- CHAIM, A.; MAIA, A.H.N.; PESSOA, M.C.P.Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 963-969, 1999.
- DERKSEN, R. C.; MILLER, S.A.; OZKAN, H. E.; FOX, R.D. Spray deposition characteristics on tomatoes and disease management as influenced by droplet size, volume, and air-assistance. St. Joseph, Mich. **ASAE**, Paper n° 011120, 2001.
- GEBHARDT, M. R.; WEBBER, C. L. BOUSE, L. F. Comparison of a rotary atomizer to a fan nozzle for herbicide application. **Transaction American Society. Agriculture Engineering**. v. 28, n.2, p.382-385, 1986.
- GUANZIROLI, C., E. **Agronegócio no Brasil: perspectivas e limitações**. UFF/Economia, Niterói – RJ. Texto 186. ISSN 1519-4612. 59 p., 2006.
- LAGUNA, A. Maquinaria agrícola. **Construcción, funcionamiento, regulaciones y cuidados**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 361p. 2000.
- LEFEBVRE, A.H. **Atomization and sprays**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 421p., 1989.
- LIU, S. H.; CAMPBELL, R. A.; STUDENS, J. A.; WAGNER, R. G. Absorption and translocation of glyphosate in aspen (*Populus tremuloides Michx.*) as influenced by droplet size, droplet number, and herbicide concentration. **Weed Science**, v. 44, p. 482-488, 1996.

MERRITT, C. R. The influence of form of deposit on the phytotoxicity of MCPA, paraquat and glyphosate applied as individual drops. **Annals Applied Biology**, v. 101, p.527-532, 1982.

MIRALES, A.; HEWITT, A. J. The International (BCPC) spray pulverization system including a drift potential factor. In: **Brighton Crop Protection Conference Weeds**, 1997, Brighton. Proceedings...Surrey: British Crop Protection Council, p. 371-80, 1997.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para a avaliação da deposição em pulverização**. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2000. 111p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PRASAD, R.; CADOGAN, B. L. Influence of droplet size and density on phytotoxicity of three herbicides. **Weed Technology**. v. 6, n. 2, p. 415-423, 1992.

RODRIGUES, G.J. **Crítérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 118p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2005.

SAAB, O. J. G. A.; ANTUNIASSI, U.R.; FONSECA, I.C.B.; GENTA, W.; BATISTELA, M. Efeito do tamanho de gota e volume de aplicação na deposição de agrotóxicos em folhas de videiras. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 221-228, 2002.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, p. 514-529, 2003.

VENTURELLI, L.; TESOURO, O.; MASIÁ, G.; FUICA, A. Cobertura y respuesta biológica del glyphosate ante la utilización de distintas pastillas de pulverización. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXV. 2006. **Anais...** João Pessoa – PB, 2006.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PONTAS HIDRÁULICAS EMPREGADAS NO CONTROLE DE *Brachiaria decumbens*

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho, avaliar as características técnicas de pontas hidráulicas empregadas no controle *B. decumbens*. Para isso, foi selecionada uma amostra de dez pontas hidráulicas XR 110 02. Os ensaios foram realizados em bancada construída de acordo com a Norma ISO 5682/1. As pontas foram submetidas às pressões de 100, 200, 300, 400 e 500 kPa, analisando-se a vazão nominal, o coeficiente de descarga, a uniformidade de distribuição volumétrica, o ângulo de abertura do jorro de pulverização, o espectro e a população de gotas. Realizou-se também uma aplicação no campo a fim de validar as características avaliadas. As vazões proporcionadas pelas pontas foram estatisticamente semelhantes à aquelas fornecidas pelo fabricante. O coeficiente de descarga foi de 0,87, estando dentro da faixa esperada para uma ponta de jato tipo leque. O ângulo do jorro de pulverização aumentou com o aumento das pressões. A distribuição volumétrica variou de acordo com as pressões e com as alturas de pulverizações. A pressão de 300 kPa e a altura de 50 cm proporcionaram o menor coeficiente de variação da uniformidade de distribuição volumétrica, 6,63 %. As condições de trabalho utilizadas na aplicação do herbicida para o controle de *B. decumbens* foram eficazes também a nível de campo.

Palavras-chave: herbicida, rastreabilidade, planta daninha.

TECHNICAL CHARACTERISTICS OF HYDRAULIC NOZZLES IN CONTROLLING THE *Brachiaria decumbens* GRASS

ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the technical characteristics of hydraulic nozzles used in controlling *B. decumbens*. So, one sample provided with ten hydraulic nozzles XR 110 02 was selected. One bench built according to the Norm ISO 5682/1 was used for conducting the assays. The nozzles were subjected to the pressures of 100, 200, 300, 400 and 500 kPa in order to analyze the flow rate, the

discharge coefficient, the volumetric distribution uniformity, the opening angle of the spraying jet, both drop spectrum and population. A field application was also accomplished in order to validate the characteristics under evaluation. The flows provided by the nozzles were statistically similar to those supplied by the manufacturer. The discharge coefficient was 0.87, thus within the range expected for a fan-type jet nozzle. The spraying jet angle increased as the pressures were increased. The volumetric distribution varied according to the pressures and spraying heights. The pressure at 300 kPa and the height of 50cm provided the lowest variation coefficient of the volumetric distribution uniformity (6.63%). The working conditions adopted during the application of the herbicide for controlling *B. decumbens* were also effective at field level.

Keywords: herbicide, traceability, weeds.

INTRODUÇÃO

O aumento pela procura por produtos livres de resíduos de agrotóxicos tem obrigado os produtores a adotarem medidas para aprimorarem a qualidade das aplicações desses insumos.

Para a aplicação de herbicidas, as técnicas baseadas na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em diferentes situações (TEIXEIRA, 1997). Nesses equipamentos, as pontas de pulverização constituem um dos principais componentes, pois, são responsáveis pela fragmentação da calda em gotas, influenciando diretamente a qualidade e a segurança da aplicação.

O conhecimento das condições ambientais no momento das aplicações e principalmente, do desempenho operacional das pontas hidráulicas, é fundamental para uma aplicação eficiente (CHRISTOFOLETTI, 1999). O tipo de ponta, a vazão nominal, o ângulo do jorro de pulverização, a pressão de operação e as características do líquido de aplicação, são os fatores que determinam o espectro de gotas da pulverização. A caracterização do espectro de gotas proporcionada pelas pontas hidráulicas é muito importante, pois afeta diretamente o movimento do líquido e sua deposição sobre o alvo (FAROOQ, *et al.*, 2001).

Segundo CARRERO (1996), os jatos emitidos pelas pontas de pulverização dos bicos são diversificados, variando de acordo com a configuração das bordas e com o canal de saída, o que determina o seu uso em aplicações específicas. De modo geral, para aplicação de herbicidas em superfícies planas, recomendam-se pontas hidráulicas de jorro do tipo leque.

As pontas de jato tipo leque normalmente são utilizadas para aplicação de herbicidas e podem proporcionar deposição de líquido contínua ou descontínua. Nos bicos de deposição contínua, ocorre uma distribuição de líquido uniforme ao longo do jato e são utilizadas em aplicações em faixas. Nos bicos de distribuição descontínua ocorre maior concentração de líquido no centro do jato em relação às extremidades; neste caso, é necessário haver sobreposição dos jatos de cada lado para se obter uma uniformidade de distribuição satisfatória (TEIXEIRA, 1997).

Dentre as plantas daninhas de grande interferência das lavouras, destaca-se a *B. decumbens*. Trata-se de uma gramínea perene altamente adaptada as condições tropicais capaz de reduzir o crescimento de plantas novas de café em até 42 %, comprometendo assim, todo o desenvolvimento dessa cultura (RONCHI *et al.*, 2000a; RONCHI *et al.*, 2000b).

Uma das maneiras mais utilizadas pelos produtores para o seu controle é por meio da aplicação dirigida de glyphosate ou antes da emergência da cultura. Comumente, empregam-se doses superiores a 1.080 L ha⁻¹. Apesar da maioria das aplicações resultarem bons controles, não raro, elas são realizadas desconsiderando-se os cuidados necessários para uma aplicação com menor contaminação ambiental e menor custo. Porém, muitas vezes, os produtores não dispõem de parâmetros específicos para a aplicação de agrotóxicos que permitam monitorar e avaliar a qualidade das pulverizações.

Portanto, o levantamento das características técnicas das pontas hidráulicas utilizadas nas aplicações de herbicidas, sobretudo, quanto ao espectro e população de gotas produzidas é fator importante na agricultura moderna, pois, a qualidade da deposição do produto sobre o alvo pode influenciar, significativamente, o efeito biológico da dose aplicada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola e no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

Selecionaram-se, aleatoriamente, 10 pontas hidráulicas do tipo jato leque, com ângulo de abertura do jato de 110° e vazão nominal de 0,8 L min⁻¹, constituídas de cerâmica e fabricadas pela Teejet, modelo XR 110 02. De acordo com o fabricante, estas pontas são recomendadas para aplicação de herbicidas em área total e produzem aplicações uniformes, quando se sobrepõem os jatos. Elas são recomendadas para operar com pressão de 300 kPa, altura mínima em relação ao alvo e espaçamento entre elas de 0,50 m.

Foram avaliadas as vazões nominais, o coeficiente de descarga, o perfil de distribuição individual do conjunto de pontas em diferentes alturas e pressões, o ângulo de abertura do jato de pulverização, bem como o espectro e a população de gotas produzidas pelas pontas.

Todos os ensaios foram realizados em ambiente com temperaturas entre 19 e 24 °C e umidade relativa do ar entre 72 % e 87 %, condições estas adequadas, de acordo com a norma ISO 5682/1 (ISO, 1986).

Avaliação da vazão nominal das pontas hidráulicas

Para avaliação da vazão das pontas, foi coletado o líquido pulverizado em proveta de 2,0 L durante 60 segundos, nas pressões de 200, 300, 400 e 500 kPa. O processo de determinação da vazão foi repetido por cinco vezes.

Em seguida, calculou-se o coeficiente de descarga (C_D) para cada pressão de trabalho, utilizando-se a Equação 1 (SRISVASTAVA *et al.*, 1993).

$$C_D = \frac{Q}{A \times \sqrt{\frac{2P}{\rho}}} \quad (1)$$

em que

C_D = coeficiente de descarga;

Q = vazão da ponta, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

A = área da ponta, m^2 ;

P = pressão, Pa;

ρ = densidade da água, kg m^{-3} .

O coeficiente de descarga (C_D) engloba todos os fatores relacionados à dinâmica da descarga de uma ponta hidráulica. Ele depende das características construtivas das pontas, como o tamanho e o desenho do orifício de saída, e representa a relação entre a vazão real e a teórica. Para cada vazão, produzida pela respectiva pressão, o valor de C_D deve ser constante, sendo este, um indicativo de qualidade da ponta.

A verificação da área do orifício de saída da ponta foi feita por meio de processamento de imagens no software “Image Tools”, versão 2.0 Alpha 3, obtidas pelo escaneamento das pontas.

A comparação entre as médias das vazões obtidas com as fornecidas pelo catálogo do fabricante foi feita utilizando-se o teste de Dunnett, a 1 % de probabilidade.

Avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica das pontas

Os ensaios para a avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica foram realizados em bancada de ensaios construída de acordo com a Norma ISO 5682/1 (ISO, 1986), concebida para a determinação da vazão e da distribuição volumétrica das pontas (Figura 1). A bancada de ensaios mede 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, e possui canaletas em forma de “V” com 0,05 m de profundidade e largura. A pressão hidráulica foi produzida por uma bomba de pistão, com vazão máxima de 20 L min^{-1} e uma pressão máxima de 500 kPa, sendo acionada por um motor elétrico de 220 V e potência equivalente a 2,2 kW. A bancada possui também um sistema para regular a pressão e efetuar a filtragem do líquido, e uma barra porta-bicos com capacidade para cinco bicos. A altura de

trabalho da barra pode variar entre 0,10 e 0,70 m. Na medição da vazão são utilizadas provetas graduadas com capacidade de 2000 mL e precisão de 0,2 mL.

Os manômetros montados na barra de pulverização foram devidamente calibrados por meio de um manômetro padrão, obtendo-se a relação entre a pressão indicada e a pressão real.

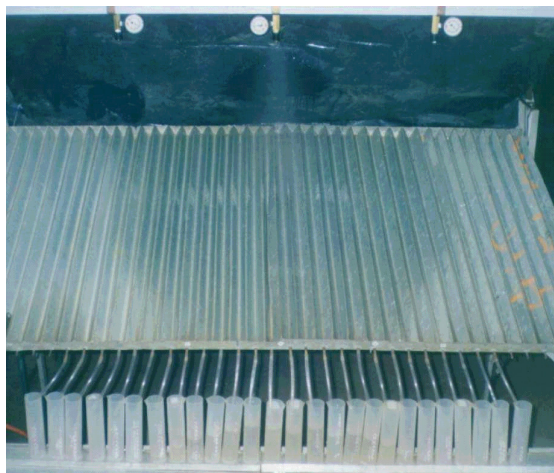


Figura 1- Bancada para medição da uniformidade de distribuição volumétrica de pontas hidráulicas.

Avaliação do ângulo de abertura do jato de pulverização das pontas hidráulicas

Para a avaliação do ângulo de abertura do jato de pulverização, as pontas XR 110 02 foram posicionadas na barra porta-bicos da bancada de ensaio, sendo efetuadas cinco fotografias frontais do jato nas pressões de 200, 300, 400 e 500 kPa.

Para isso, utilizou-se uma máquina fotográfica digital Nikon Coolpix 5400, com resolução de 3 megapixels e Zoom óptico de 4x. Cada fotografia correspondeu a uma repetição. Em seguida, as bordas dos jatos fotografados foram delimitados tangencialmente, utilizando-se o programa Microsoft Paint, sendo o ângulo de abertura medido a partir do vértice do jato com o programa Image Tool, versão 2.0 Alpha 3 (Figura 2).

O ensaio com os tratamentos representados pelas quatro pressões de trabalho das pontas, foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tuckey, a 5 % de probabilidade.

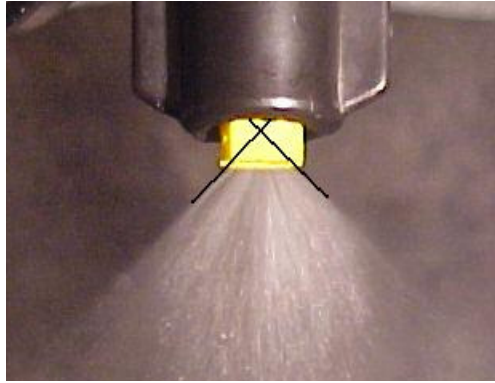


Figura 2 - Determinação do ângulo de abertura das pontas hidráulicas.

Avaliação do perfil de distribuição volumétrico individual das pontas hidráulicas

O perfil de distribuição volumétrico individual é a distribuição quantitativa de líquido ao longo do jato de pulverização, emitido pela ponta hidráulica. Para obter este perfil, as pontas foram posicionadas, individualmente, no centro da bancada de ensaio. Coletou-se a água pulverizada por 60 segundos, variando-se a pressão (200, 300, 400 e 500 kPa) e altura de trabalho (40, 50 e 60 cm). O processo foi repetido quatro vezes. Com esses dados, foram traçados os gráficos do perfil de distribuição volumétrico individual das pontas.

Avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica das pontas hidráulicas

Para este ensaio, selecionaram-se aleatoriamente três pontas, que foram montadas na barra porta-bicos, com espaçamento de 0,50 m entre elas. Durante 60 segundos, foram coletados os volumes em provetas ao longo da faixa de deposição de líquido. Trabalhou-se com pressões de 200, 300, 400 e 500 kPa e alturas da barra porta-bicos de 40, 50 e 60 cm. A média dos volumes coletados em cada posição, para cada pressão, foi convertida em porcentagem do volume total e apresentada em forma de gráfico.

Utilizou-se o coeficiente de variação como indicador da uniformidade de distribuição volumétrica e tomou-se, como referência, a ponta central.

Os tratamentos foram dispostos em fatorial 4 x 3 (quatro pressões e três alturas) e o ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com três

repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tuckey, a 5% de probabilidade.

Avaliação do espectro e da população de gotas das pontas hidráulicas

O espectro e a população de gotas, produzidos pelas pontas, foram avaliados com um pulverizador costal de pressão constante. O pulverizador foi deslocado à velocidade de 5,0 km h⁻¹, nas pressões de 200, 300, 400 e 500 kPa, sobre cinco etiquetas de papel “contact”, com dimensões de 26 x 76 mm, dispostas ao longo da faixa de aplicação. Logo após a passagem do pulverizador, as etiquetas foram fotografadas com máquina digital NIKON COOLPIX 5400, com resolução de 3 megapixels e Zoom óptico de 4x, para posterior análise no programa Image Tool, versão 2.0 Alpha 3.

Foi determinado o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), o diâmetro da mediana numérica (DMN), o coeficiente de homogeneidade (CH), o número de impactos de gotas em área conhecida das etiquetas e porcentagem de cobertura delas. A Equação 2 foi empregada para corrigir a dispersão das gotas na etiqueta de papel contact (RODRIGUES, 2005).

$$\hat{Y}=1,6454x-12,33 \quad (2)$$

em que

$$\begin{aligned} \hat{Y} &= \text{diâmetro da mancha, } \mu\text{m; e} \\ x &= \text{diâmetro da gota, } \mu\text{m.} \end{aligned}$$

Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tuckey, a 5 % de probabilidade.

Ensaio de campo

No intuito de avaliar a eficácia do controle de *B. decumbens*, com base nos parâmetros da tecnologia de aplicação do glyphosate, estabelecidos anteriormente, realizou-se ensaio na área experimental de forragicultura pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. A área era infestada com *B. decumbens*, cuja altura média era de 0,45 m e com 1.031 hastes por m².

Previamente, realizou-se ensaio em laboratório, empregando pontas hidráulicas modelo XR 110 02, submetidas à diferentes pressões e velocidades de trabalho. O intuito deste ensaio foi selecionar condições de trabalho, que proporcionassem espectros e populações de gotas semelhantes aos parâmetros que proporcionaram controles satisfatórios no experimento realizado na casa de vegetação.

Foram selecionadas as seguintes condições de trabalho com a ponta hidráulica: pressão de trabalho de 100 kPa, altura da barra e espaçamento entre pontas de 0,50 m e velocidades de deslocamento de 3,5; 5,5 e 6,5 km h⁻¹. Nessas condições, a ponta proporciona uma uniformidade de distribuição volumétrica de 9,26 %.

O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram dispostos em fatorial 3 x 3, sendo três velocidades de pulverização (3,5; 5,5 e 6,5 km h⁻¹) e três doses de glyphosate (300, 720 e 1.080 g ha⁻¹). Foram utilizadas três parcelas testemunhas que não receberam herbicida.

A Tabela 1 apresenta os tratamentos empregados no ensaio de campo e o volume de pulverização, obtido nas diferentes condições de operação do pulverizador.

Tabela 1 - Velocidades de deslocamento, doses do herbicida e volumes de pulverização empregados no ensaio de campo

Tratamentos	Velocidade (km h ⁻¹)	Dose de glyphosate (g ha ⁻¹)	Volume de pulverização (L ha ⁻¹)
V1D1	3,5	300	161
V1D2	3,5	720	161
V1D3	3,5	1.080	161
V2D1	5,5	300	102
V2D2	5,5	720	102
V2D3	5,5	1.080	102
V3D1	6,5	300	87
V3D2	6,5	720	87
V3D3	6,5	1.080	87

Cada unidade experimental foi constituída de parcela com 5 m de comprimento e 3 m de largura, totalizando uma área de 15 m². Entre os blocos, deixou-se uma faixa de 2 m como bordadura.

As pulverizações foram realizadas empregando-se um pulverizador hidráulico com pressão constante, equipado com barra de pulverização com 6 pontas

XR 110 02. No momento em que as pulverizações foram realizadas, a temperatura e a umidade relativa do ar eram de 17 °C e 89 %, respectivamente. A velocidade do vento era de 1,8 Km h⁻¹. Além disso, cobriram-se as parcelas laterais com lona, para evitar que a deriva as atingisse.

Para a verificação do espectro de gotas, foram fixadas três etiquetas de papel contact na parte superior das plantas, em cada parcela, no momento das aplicações. Foi adicionado à calda de pulverização, o corante negro marca Guarany, na concentração de 10 g L⁻¹ de calda, com a finalidade de proporcionar contraste nas etiquetas amostradoras. Imediatamente após a pulverização, as etiquetas foram recolhidas e fotografadas com máquina digital Nikon Coolpix 5400, com resolução de 3 megapixels e Zoom óptico de 4x. Em seguida, as imagens foram analisadas no programa Image Tool, versão 2.0 Alpha 3.

Avaliação da eficácia dos tratamentos

A avaliação da eficácia dos tratamentos constou de avaliação visual atribuindo-se notas de fitotoxicidade e da determinação da porcentagem de perfilhos vegetativos, que morreram após o tratamento e da biomassa seca.

A análise visual consistiu em atribuir valores de acordo com os sintomas de fitotoxicidade proporcionados pelos tratamentos, comparando-se com as testemunhas, que não receberam herbicida. As plantas sem sintomas receberam valor zero, e aquelas que senesceram, receberam valor 100 % (ALAM, 1974).

A amostragem do número de perfilhos vegetativos foi realizada antes e trinta dias após a aplicação do glyphosate, utilizando-se um arco de 0,1 m², lançado ao acaso cinco vezes em cada parcela, perfazendo 0,5 m² de área amostrada por parcela. Em seguida, calculou-se a eficácia de controle de acordo com a Equação 3.

$$E = \frac{PA - PD}{PA} \times 100 \quad (3)$$

em que

E = eficácia de acordo com o acúmulo de perfilhos em cada tratamento, em relação à testemunha (%);

PA = número de perfilhos vegetativos, antes da aplicação em cada tratamento;

PD = número de perfilhos vegetativos em cada tratamento, aos 30 dias após a aplicação.

Aos trinta dias após aplicação do herbicida, procedeu-se à coleta dos perfilhos vivos em cada tratamento empregando-se a metodologia de amostragem do arco descrita anteriormente. Os perfilhos vivos presentes no interior do arco, a cada lançamento, foram cortados e secados em estufa a 70 °C durante 72 horas. A determinação da biomassa seca foi feita de acordo com a Equação 4.

$$B = \frac{Bt - Bp}{Bt} \times 100 \quad (4)$$

em que

B = eficácia de acordo com o acúmulo de biomassa seca em cada tratamento, em relação à testemunha (%);

Bt = biomassa seca das parcelas testemunhas (g);

Bp = biomassa seca das parcelas 30 dias após aplicação do herbicida (g);

Os dados foram transformados em arcseno $[(\%/100)^{1/2}]$, com a finalidade de proporcionar-lhes distribuição normal. Em seguida, foram submetidos às análises de variância e regressão, utilizando-se o teste t a 1 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vêm-se na Tabela 2, as vazões fornecidas pelo fabricante das pontas hidráulicas e as obtidas nos ensaios de laboratório. As vazões obtidas nos ensaios de laboratório variaram de 0,670 L min⁻¹, na pressão de 200 kPa, a 1,060 L min⁻¹ na pressão de 500 kPa. Não se observou diferença significativa entre as vazões obtidas em laboratório e as vazões fornecidas no catálogo do fabricante. Assim, pode-se considerar que os valores obtidos, experimentalmente, são semelhantes aos valores fornecidos pelo fabricante ($P \leq 0,01$).

Tabela 2 – Vazões das pontas hidráulicas, em L min⁻¹, obtidas em laboratório e fornecidas pelo fabricante, para quatro pressões de trabalho

Origem dos dados	Pressão (kPa)			
	200	300	400	500
Ensaio de laboratório	0,670 ^{ns}	0,820 ^{ns}	0,950 ^{ns}	1,060 ^{ns}
Catálogo do fabricante	0,650	0,790	0,910	1,020
CV %	5,68 %			

^{ns} Não significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

O coeficiente de descarga calculado foi de 0,87 em todas as vazões. De acordo com Srivastava *et al.*, (1993), o valor de C_D , para orifícios com fluxo turbulento, deve estar próximo de 0,611. Porém, Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989) sugerem que pontas de jorro tipo leque apresentem C_D variando entre 0,850 a 0,950. O maior valor de C_D proposto por este autor, é devido ao fato das pontas de jorro tipo leque possuírem orifício de saída com formato oblongo, e não possuírem câmara de turbulência, como ocorre nas pontas de jorro cônico. Isso indica que a ponta XR 110 02 possui qualidade satisfatória quanto às vazões proporcionadas pelas diferentes pressões de trabalho.

Na Tabela 3, são apresentadas as variações dos ângulos dos jatos das pontas, proporcionadas pelas diferentes pressões de trabalho.

A análise de variância dos ângulos indicou diferença significativa ($P < 0,05$) entre as pressões. Os ângulos variaram de 105,39 a 112,65 nas pressões de 200 e 500, respectivamente, com incrementos à medida que as pressões de trabalho eram aumentadas.

O ângulo de abertura das pontas XR 110 02, é especificado para a pressão nominal de trabalho de 300 kPa. Portanto, espera-se certa variação desses ângulos, quando a ponta for submetida a pressões diferentes. Entretanto, as médias dos ângulos apresentaram diferença significativa somente quando foi efetuada variação de mais de 50 % no valor da pressão de trabalho.

Tabela 3 - Ângulos de abertura dos jatos de pulverização da ponta XR 110 02 proporcionados pelas diferentes pressões de trabalho

Pressão (kPa)	Ângulo de abertura do jato (°)
200	105,39 a
300	108,33 ab
400	111,24 bc
500	112,65 c

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

Nas Figuras 3, 4 e 5, vêem-se os perfis de distribuição volumétricos individuais das pontas em diferentes condições de operação.

De modo geral, as figuras indicam perfis de distribuição semelhantes ao padrão de distribuição volumétrico das pontas de jato do tipo leque, ou seja, maior concentração de líquido no centro e diminuição paulatina de volume à medida que se

afasta do centro. Este perfil deve ser considerado para se fazer as recomendações de utilização das pontas hidráulicas, de maneira a obter cobertura uniforme.

As alturas da barra de pulverização de 40 e 60 cm proporcionaram a menor e a maior faixa de cobertura, respectivamente. Estas condições de trabalho podem comprometer a uniformidade de distribuição volumétrica do conjunto de bicos, devido a sobreposições irregulares.

Em todas as alturas, à medida que se elevou a pressão de trabalho, verificaram-se aumentos do volume aplicado e da faixa coberta pelo jato de pulverização.

Os perfis mostram a resposta das pontas operando isoladamente, ou seja, sem sobreposição lateral do jorro. Para uma análise mais detalhada quanto à melhor condição de operação das pontas hidráulicas, torna-se necessário estudar sua uniformidade de distribuição volumétrica, quando trabalham em conjunto.

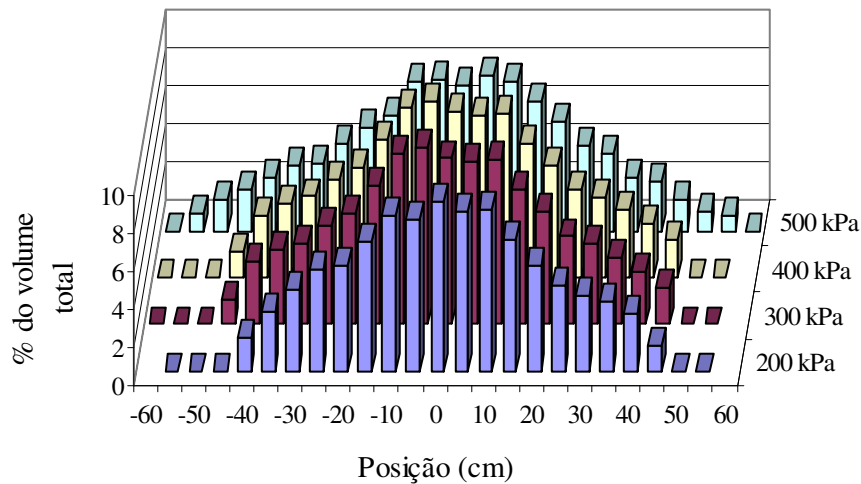


Figura 3 - Perfil da distribuição volumétrica individual da ponta XR 110 02, submetida a diferentes pressões de trabalho, na altura de 40 cm da barra de pulverização.

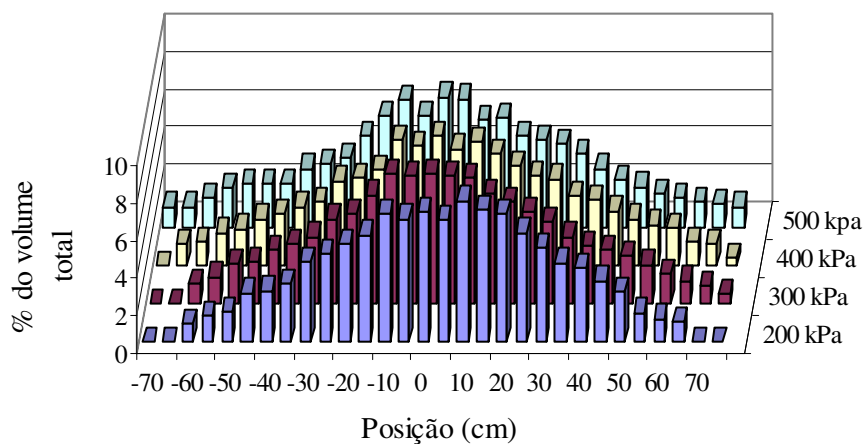


Figura 4 - Perfil da distribuição volumétrica individual da ponta XR 110 02, submetida a diferentes pressões de trabalho, na altura de 50 cm da barra de pulverização.

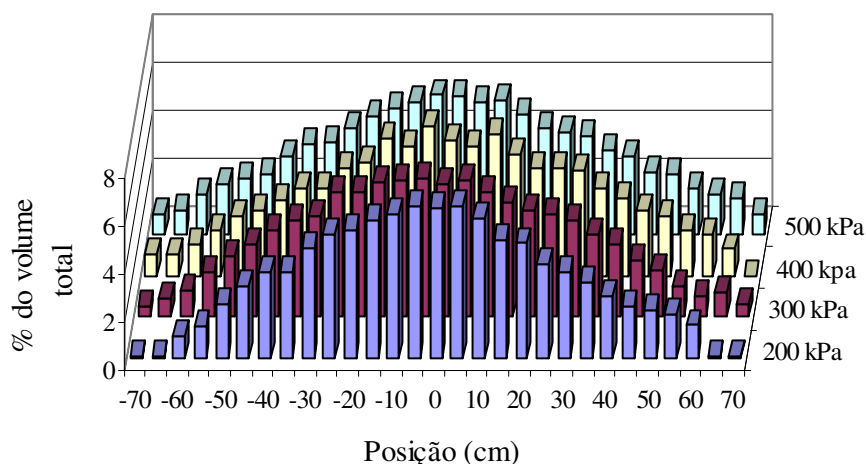


Figura 5 - Perfil da distribuição volumétrica individual da ponta XR 110 02, submetida a diferentes pressões de trabalho, na altura de 60 cm da barra de pulverização.

Na Figura 6, vêem-se os coeficientes de variação, obtidos nas diferentes alturas e pressões de trabalho.

Em geral, houve melhoria da uniformidade de distribuição volumétrica, quando se aumentou a pressão de trabalho na altura da barra de pulverização de 40 cm. Este fato tem a seguinte explicação: o aumento na abertura do ângulo do jato, proporcionado pelo acréscimo de pressão no sistema, permitiu maior sobreposição dos jatos, melhorando, assim, a uniformidade de distribuição volumétrica do conjunto das pontas. Por outro lado, a uniformidade de distribuição piorou, quando se elevou a pressão na altura de 60 cm. Neste caso, com o aumento do volume aplicado, devido a elevação da pressão no sistema, causou acúmulo de líquido na região central da faixa de deposição, o que ocasionou desuniformidade na distribuição volumétrica.

A maior uniformidade de distribuição foi verificada na altura da barra de pulverização de 50 cm, sobretudo à pressão de 300 kPa.

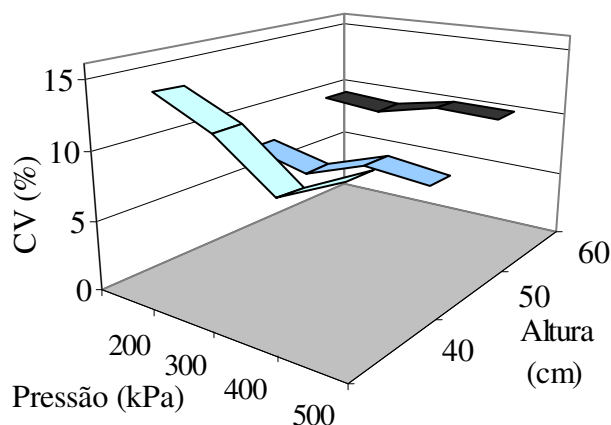


Figura 6 - Influência da altura da barra de pulverização e da pressão de trabalho no coeficiente de variação médio das pontas XR 110 02.

Houve efeito significativo na interação pressão de trabalho e altura da barra de pulverização.

Verifica-se, na Tabela 4, as médias dos coeficientes de variação em função da pressão e da altura da barra porta-bicos. É importante ressaltar que, de acordo com o Comitê Europeu de Normalização, o coeficiente de variação máximo admitido para a altura da barra e pressão indicada pelo fabricante é de 7 %, enquanto para as demais alturas e pressões, ele é de 9 % (NORMA PREN 1261-2, ECS, 1997). No entanto, em campo, dificilmente esses coeficientes são atingidos, seja em razão das condições climáticas variáveis ou da oscilação da barra de pulverização em terreno irregular.

De acordo com a norma citada, os coeficientes de variação obtidos na altura de 50 cm podem ser considerados adequados à aplicação de agrotóxicos, especialmente na pressão de 300 kPa, com o coeficiente de variação de 6,63 %.

Tabela 4 - Coeficiente de variação da distribuição volumétrica dos bicos devido à altura da barra porta-bicos e à pressão de trabalho

Pressão (kPa)	Coeficiente de variação (%)		
	Altura (cm)		
	40	50	60
200	13,87 Aa	7,68 Ba	9,82 Ba
300	11,88 Ab	6,63 Bc	9,43 Ca
400	8,54 Ab	8,22 Bb	10,51 Ab
500	10,71 Ab	7,77 Bb	10,36 Ab

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas, comparadas nas linhas, e minúsculas, comparadas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tuckey, a 5% de probabilidade.

A análise de variância do espectro e população de gotas mostrou efeito significativo para as diferentes pressões. Na Tabela 5, são relacionados os valores referentes ao espectro de gotas, obtidos em função das pressões de trabalho.

A pressão de 200 kPa produziu DMV de 278 μm , enquanto a pressão de 500 kPa produziu DMV de 168 μm . De modo geral, incrementos de pressão proporcionaram diminuição significativa ($P < 0,05$) dos diâmetros da mediana volumétrica. O coeficiente de homogeneidade não seguiu um padrão definido, pois os valores situaram-se entre 1,97 e 2,45. Segundo Carrero (1996), estes valores podem ser considerados satisfatórios para aplicação de herbicidas em pós-emergência das plantas daninhas, quando se empregam pontas hidráulicas do tipo jato em leque.

Tabela 5 - Diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) das pontas XR 110 02, em diferentes pressões de trabalho

Pressão (kPa)	DMV (μm)	DMN (μm)	CH
200	278 a	114 a	2,45 a
300	225 b	101 b	2,23 b
400	189 c	96 b	1,97 c
500	168 c	82 c	2,05 d
CV (%)	5,06	5,78	2,17

Médias seguidas pela mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tuckey, a 5% de probabilidade.

Quanto à análise da população de gotas, as pontas apresentaram densidade de gotas que variaram de 98 a 137 gotas cm^{-2} e porcentagem de cobertura de 6,07 % a 3,07 %, nas pressões de 200 e 500 kPa, respectivamente (Tabela 6). O fato de se observar menores porcentagens de cobertura à medida que se aumenta a pressão, pode ter a seguinte explicação: provavelmente, a maior fragmentação das gotas nas maiores pressões de trabalho resultaram em deriva ou na formação de gotas que não puderam ser analisadas pelo processamento das imagens, resultando assim, em menor cobertura do alvo.

Tabela 6 - Densidade de gotas e porcentagem de cobertura das pontas XR 110 02, obtidas em diferentes pressões de trabalho

Pressão (kPa)	Densidade (gotas cm ⁻²)	Cobertura (%)
200	98 a	6,07 a
300	118 b	4,90 b
400	134 c	3,87 c
500	137 c	3,07 c
CV(%)	4,89	5,68

Médias seguidas pela mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tuckey, a 5% de probabilidade.

Ensaio de campo

Vêm-se na Tabela 7, os parâmetros da tecnologia de aplicação: diâmetro da mediana volumétrica (DMV), densidade de gotas (DEN) e porcentagem de cobertura (COB), obtidos no experimento de campo.

Tabela 7 - Diâmetro da mediana volumétrica, densidade de gotas e porcentagem de cobertura proporcionados pelas pontas XR 110 02, em função das velocidades de pulverização no experimento de campo, operando com pressão de trabalho de 100 kPa

Velocidade (km h ⁻¹)	Parâmetros avaliados no campo		
	DMV (µm)	DEN (gotas cm ⁻²)	COB (%)
3,5	374	64	8
5,5	335	49	5
6,5	312	38	3

Nas avaliações visuais de fitotoxicidade, os sintomas foram progressivamente maiores em avaliações subseqüentes. A dose de 300 g ha⁻¹ proporcionou controles ruins (47 e 55 %) quando se empregou a velocidade de 3,5 e 5,5 km h⁻¹, respectivamente, na avaliação aos 28 DAA. A velocidade de 6,5 Km h⁻¹ proporcionou bom controle (72 %), na mesma época de avaliação.

Controles mais eficazes foram observados nas doses de 720 e 1.080 g ha⁻¹. Aos 28 DAA, estas doses proporcionaram controles muito bons (> 85 %) e ótimos (> 98 %), respectivamente, independentemente da velocidade de pulverização.

Vê-se na Tabela 8, a porcentagem de controle proporcionada pelos tratamentos, com base nas avaliações visuais.

Tabela 8 - Porcentagem de controle de *B. decumbens* proporcionada pelo glyphosate, aplicado em diferentes velocidades de deslocamento e doses

Tratamentos		% de controle			
Velocidade (km h ⁻¹)	Dose (g ha ⁻¹)	Época de avaliação (Dias após a aplicação)			
		7	14	21	28
3,5 *	300	17	38	42	47
	720	27	72	75	87
	1.080	38	85	92	100
5,5 **	300	20	52	48	55
	720	27	63	68	87
	1.080	32	82	87	98
6,5 **	300	20	42	43	72
	720	30	72	73	85
	1.080	38	87	92	100

* Diâmetro de gotas: 347µm; Densidade: 64 gotas cm²; Cobertura: 8%.

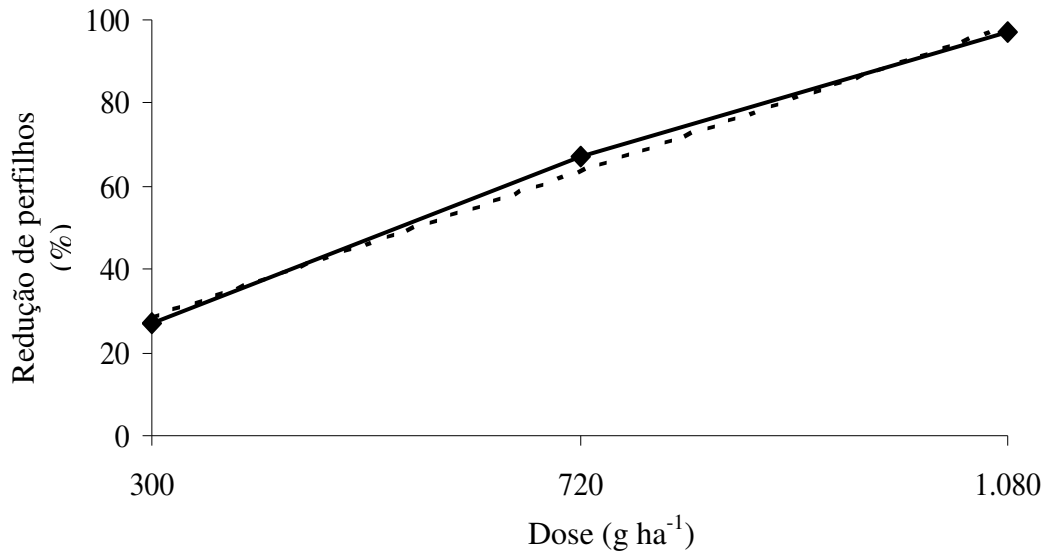
** Diâmetro de gotas: 335µm; Densidade: 49 gotas cm²; Cobertura: 5%.

*** Diâmetro de gotas: 312µm; Densidade: 38 gotas cm²; Cobertura: 3%.

A análise de variância mostrou que não houve efeito significativo (P<0,05) da interação entre doses e espectros e população de gotas, tanto para as avaliações de redução de perfilhos, como para a biomassa seca. Ao analisar os efeitos simples, somente verificou-se significância para o efeito de doses, em ambas avaliações.

Vê-se, nas Figuras 7 e 8, o efeito das doses de glyphosate aplicadas em diferentes espectros de gotas, na redução de perfilhos e acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens* em relação à testemunha, respectivamente.

Houve reduções de perfilhos de 29, 67 e 98 % e de biomassa de 53, 79 e 100 % quando se aplicou o herbicida nas doses de 300, 720 e 1.080 g ha⁻¹, respectivamente. Comumente, recomendam-se doses superiores a 1.080 g ha⁻¹ de glyphosate para o controle de *B. decumbens*. No presente trabalho, a dose de 720 g ha⁻¹, ou seja, 66 % da dose recomendada pelo fabricante, proporcionou níveis de controle que podem ser considerados satisfatórios.



$$RP = 2,7264 + 0,0885 * DOS \quad R^2 = 98 \%$$

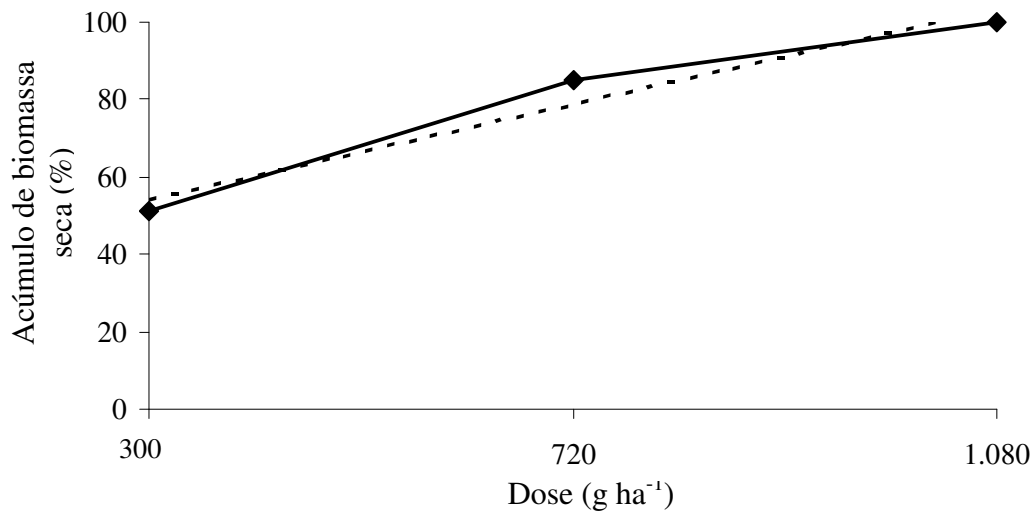
* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

em que

RP = redução de perfilhos de *B. decumbens*, aos 30 dias após aplicação do glyphosate, %;

DOS = dose de glyphosate.

Figura 7 - Redução de perfilhos de *B. decumbens* em função de doses de glyphosate, aplicadas em diferentes espectros de gotas.



$$AB = 34,8758 + 0,0624 * DOS \quad R^2 = 97 \%$$

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

em que

AB = Acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, aos 30 dias após a aplicação do glyphosate, %;

DOS = dose de glyphosate.

Figura 8 - Acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens* em função de doses de glyphosate, aplicadas em diferentes espectros e população de gotas.

O ensaio de campo indicou que os parâmetros da tecnologia de aplicação do glyphosate, selecionados na casa de vegetação, são eficazes também em nível de campo, desde que sejam utilizados em doses compatíveis com a susceptibilidade das plantas. Vale ressaltar, também, que a aplicação no campo foi realizada em condições climáticas condizentes com as recomendações para uma aplicação correta, o que pode ter contribuído para a boa eficácia dos tratamentos.

CONCLUSÕES

- As pontas XR 110 02 apresentaram valores de DMV recomendados para a aplicação de herbicidas.
- A uniformidade de distribuição volumétrica e o ângulo de abertura do jato de pulverização, proporcionados pelas pontas, aumentaram com a pressão de trabalho.
- A aplicação do glyphosate com gotas de 340 μm de diâmetro, densidade de 50 gotas cm^{-2} e porcentagem de cobertura foliar de 5 %, proporcionou controle de *B. decumbens* superior a 91 %, com redução de até 33 % da dose recomendada pelo fabricante.

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN LATINO AMERICANO DE MALEZAS-ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

CARRERO, J. M. **Maquinaria para tratamientos fitosanitarios**. Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid: Mundi-Prensa, 159 p., 1996.

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

ECS – European Committee for Standardization. Agricultural and forestry machinery – Sprayers and liquid fertilizer distributors – Environmental protection – Part 2: Low crop sprayers – **PREN 12761-2:1997**. Brussels: CEN,. 17 p., 1997.

FAROOQ, M. R.; BALACHANDAR, D.; WULFSOHN, W. T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.

ISO - **International Organization For Standardization**. Equipment for crop protection, ISO standards 5682/1/1981. Geneva: ISO, p. 358-371, 1986.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J. L. **Técnica de la mecanización agraria**. Ed. Mundi-Prensa, Universidad Politécnica de Madrid, p. 315-350, 1989.

RODRIGUES, G. J. **Critérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 118p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2005.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Avaliação da interferência de *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* e *Commelina diffusa* sobre o desenvolvimento de plantas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu-PR. **Resumos...** . Londrina, PR: SBCPD, p.11, 2000a.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Avaliação da interferência de *Leonurus sibiricus*, *Nicandra physaloides* e *Sida rhombifolia* sobre o desenvolvimento de plantas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu-PR. **Resumos...** . Londrina, PR: SBCPD, p.12, 2000b.

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

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se com este trabalho, analisar os parâmetros proporcionados por um sistema de pulverização centrífugo, utilizado em ensaios de eficácia de glyphosate para o controle de *B. decumbens*, a fim de determinar parâmetros que possam ser rastreados em um processo de certificação de lavouras. Desenvolveu-se e avaliou-se o sistema de pulverização centrífuga, no intuito de se produzir espectros de gotas uniformes e que proporcionasse repetibilidade nas aplicações. A avaliação do sistema de pulverização constou da determinação das seguintes características técnicas: perfil e uniformidade de distribuição volumétrica, diâmetro da mediana volumétrica, coeficiente de homogeneidade, densidade de gotas e porcentagem de cobertura, em diferentes condições de operação. Em seguida, procedeu-se a uma série de ensaios para correlacionar o diâmetro da mediana volumétrica, a densidade de gotas e a cobertura do alvo, com a eficácia do herbicida para controle de *B. decumbens*. As doses do herbicida, empregadas no ensaio de eficácia, foram previamente estudadas em casa de vegetação.

Concluiu-se que:

- A uniformidade de distribuição volumétrica do pulverizador centrífugo variou entre 10,59 % a 17,21 %, melhorando com o aumento das rotações.
- O diâmetro da mediana volumétrica das gotas diminuiu com o aumento da velocidade e rotação.
- O pulverizador centrífugo proporcionou excelente coeficiente de homogeneidade (CH), sendo da ordem de 1,29.
- Densidade de gotas e porcentagem de cobertura apresentaram resposta linear positiva, em relação à rotação do pulverizador centrífugo.
- Densidade de gotas e porcentagem de cobertura apresentaram resposta linear negativa, em relação à velocidade de deslocamento do pulverizador centrífugo.
- O pulverizador permitiu obter espectro e população de gotas para diversas condições de aplicação de agrotóxicos.
- A dose de 200 g ha⁻¹ de glyphosate, aplicada aos 20 dias após a emergência das plantas, proporcionou 100 % de controle de *B. decumbens*.
- A dose de 400 g ha⁻¹ de glyphosate, aplicada aos 20, 40 e 60 dias após a emergência das plantas, proporcionou 100 % de controle de *B. decumbens*.

- A eficácia dos tratamentos de *B. decumbens* com glyphosate foi afetada pela densidade de gotas e pela porcentagem de cobertura do alvo.
- Aplicações de glyphosate com 30 gotas cm^{-2} aos 20, 40 e 60 DAE das plantas proporcionaram controle de *B. decumbens*, superior a 91 %, trabalhando-se com diâmetro da mediana volumétrica de 327, 441 e 487 μm e porcentagem de cobertura de 2,51; 4,59 e 5,58, respectivamente.
- A aplicação do glyphosate com gotas de 340 μm de diâmetro, densidade de 50 gotas cm^{-2} e porcentagem de cobertura de 5 %, proporcionou controle de *B. decumbens* superior a 91 %, com redução de até 33 % da dose recomendada pelo fabricante.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 1 - Análise de variância da uniformidade de distribuição volumétrica, proporcionada pelas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Rotação	4	116,7467	29,18667	11,6080 *
Resíduo	15	37,71590	2,514393	
CV(%)		11,47		

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Análise de variância da faixa útil de pulverização, proporcionada pelas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Rotação	4	1,1025	0,2756	3,9570 *
Resíduo	15	1,0448	0,0696	
CV(%)		14,59		

* Significativo a 5% de probabilidade

Tabela 3 - Análise de variância do diâmetro da mediana volumétrica (µm) produzido pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210, 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Rotação (R)	4	363705,9000	90926,4700	90,5300 *
Velocidade (V)	5	838462,0000	167992,4000	166,9600 *
R x V	20	17921,3300	896,0665	0,89 ^{ns}
Resíduo	90	90394,0000	1004,3780	
CV(%)		8,37		

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância de regressão para os ensaios de determinação do diâmetro da mediana volumétrica de gotas, proporcionado pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

EFEITO	FV	GL	QM
ROT	Regressão	1	7420,3930*
	Falta de ajuste	3	2,5418 ^{ns}
VEL	Regressão	1	17602,7000*
	Falta de ajuste	4	1,7160 ^{ns}
	Resíduo	90	2,0041

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 - Estimativa do parâmetro de regressão para a análise de determinação do diâmetro da mediana volumétrica de gotas, proporcionado pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de “t”	Pr>t
ROT	0,3477	0,0394	8,8239	0,0015
Intercepto	2348,5000			

Tabela 6 - Estimativa do parâmetro de regressão para a análise de determinação do diâmetro da mediana volumétrica de gotas, proporcionado pelo pulverizador centrífugo, operando nas velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de “t”	Pr>t
VEL	0,2155	0,0402	5,3554	0,0029
Intercepto	429,6500			

Tabela 7 - Análise de variância da densidade de gotas (gotas cm⁻²), proporcionado pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Rotação (R)	4	78372,2500	19593,0600	989,2500*
Velocidade (V)	5	153148,9000	30629,7900	1546,4900*
R x V	20	16424,1700	821,2083	41,4600*
Resíduo	90	1782,5390	19,8056	
CV(%)			6,47	

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância de regressão para os ensaios de densidade de gotas, proporcionado pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	GL	QM
Regressão	2	107109,2000*
Falta de ajuste	117	3,0171 ^{ns}
Resíduo	90	19,8056

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 1% de probabilidade pelo teste.

Tabela 9 - Estimativa dos parâmetros de regressão para os ensaios de densidade de gotas, proporcionado pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de “t”	Pr>t
ROT	0,3400	0,2137	15,9091	0,0010
VEL	17,1649	0,8039	21,3506	0,0010
Intercepto	49,6962			

Tabela 10 - Análise de variância da porcentagem de cobertura, proporcionada pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Rotação (R)	4	82,8884	20,7221	10,3400 *
Velocidade (V)	5	6985,9920	1397,1980	697,1700 *
R x V	20	103,4118	5,1709	2,5800 *
Resíduo	90	180,3696	2,0041	
CV(%)		14,80		

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância de regressão para os ensaios de porcentagem de cobertura, proporcionada pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	GL	QM
Regressão	2	2452,0100*
Falta de ajuste	117	2,3806 ^{ns}
Resíduo	90	2,0041

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 12 - Estimativa dos parâmetros de regressão para os ensaios de cobertura de gotas, proporcionada pelo pulverizador centrífugo, operando nas rotações de 105, 157, 210, 262 e 315 rad s⁻¹ e velocidades de 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 Km h⁻¹

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de “t”	Pr>t
ROT	0,0111	0,0055	2,0095	0,0022
VEL	3,2114	0,2090	15,3625	0,0001
Intercepto	16,0500			

ANEXO 2

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das análises de porcentagem de acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens* com diferentes doses de glyphosate, aplicadas aos 20, 40 e 60 dias após a emergência e avaliadas aos 30 dias após aplicação

FV	GL	Quadrado médio		
		20 DAE	40 DAE	60 DAE
Dose	5	22,6981*	862,4406*	586,3477*
Resíduo	18	1,800	62,2334	1,9037
CV (%)		18,09	14,20	17,14

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância da regressão do acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos com diferentes doses de glyphosate, aplicadas aos 20 dias após a emergência das plantas e avaliadas aos 30 dias após aplicação

FV	GL	Quadrado médio		
		20 DAE	40 DAE	60 DAE
Regressão	2	349,5517*	392,2608*	757,2232*
Falta de ajuste	1	27,1043 ^{ns}	0,9025 ^{ns}	32,1568 ^{ns}
Resíduo	18		62,2334	

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos com diferentes doses glyphosate, aplicadas aos 20 dias após a emergência das plantas e avaliadas aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de "t"	Pr>t
Dose	0,1847	0,0677	2,7279	0,0010
Dose ²	0,0002	0,0001	2,2360	0,0030
Intercepto	26,8100			

Tabela 4 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos com diferentes doses de glyphosate, aplicadas aos 40 dias após a emergência das plantas e avaliadas aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de "t"	Pr>t
Dose	0,2256	0,0042	53,7668	0,0059
Dose ²	0,0003	0,0001	38,6897	0,0082
Intercepto	53,8296			

Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos com diferentes doses glyphosate, aplicadas aos 60 dias após a emergência das plantas e avaliadas aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de “t”	Pr>t
Dose	0,3431	0,0782	4,3880	0,0071
Dose ²	0,0004	0,0001	3,3127	0,0093
Intercepto	76,5512			

ANEXO 3

Tabela 1 - Análise de variância do acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia de aplicação de glyphosate aos 20 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	29	73904,8000	2548,4410	24,1340*
Resíduo	120	12671,3600	105,5946	
CV(%)		12,1230		

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 - Análise de variância da regressão do acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia da aplicação de glyphosate, em função de DEN e COB, aos 20 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	70291,8000	35145,9000	332,8500*
Falta de ajuste	27	3212,98000	118,9900	1,1260 ^{ns}
Resíduo	120	12671,3600	105,5900	

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia da aplicação de glyphosate, em função de DEN e COB, aos 20 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de "t"	Pr>t
DEN	0,2439	0,0343	7,1106	0,0011
COB	3,8180	0,2023	18,8672	0,0001
Intercepto	93,2840			

Tabela 4 - Análise de variância do acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia da aplicação de glyphosate, aos 40 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	29	20018,5700	690,2955	8,2850*
Resíduo	120	9998,0800	83,3173	
CV(%)		9,7920		

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 - Análise de variância da regressão do acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia com a aplicação de glyphosate, em função de DEN e COB, quando as plantas se encontravam com 40 dias após a emergência

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	18864,8850	9432,4400	113,2100*
Falta de ajuste	27	1153,6800	42,7290	0,5128 ^{ns}
Resíduo	120	9998,0800	83,3173	

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia da aplicação de glyphosate em função de DEN e COB, aos 40 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de “t”	Pr>t
DEN	0,1032	0,01938	10,3800	0,0001
COB	2,1002	0,1143	11,1610	0,0001
Intercepto	97,5370			

Tabela 7 - Análise de variância do acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia da aplicação de glyphosate, aos 60 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	29	8148,6050	280,9864	5,9480*
Resíduo	120	5669,2460	47,24372	
CV(%)		19,1200		

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8 - Análise de variância da regressão do acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia da aplicação de glyphosate, em função de DEN e COB, aos 60 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	6362,5950	3181,2970	67,3400*
Falta de ajuste	27	1786,0080	66,1480	1,4000 ^{ns}
Resíduo	120	5669,2460	47,2437	

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 9 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de acúmulo de biomassa seca de *B. decumbens*, obtida nos tratamentos para verificação da eficácia da aplicação de glyphosate, em função de DEN e COB, aos 60 dias após a emergência das plantas e avaliada aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de “t”	Pr>t
DEN	0,1238	0,02411	5,1331	0,0037
COB	2,1018	0,1422	9,1494	0,0019
Intercepto	99,0102			

ANEXO 4

Tabela 1 - Análise de variância da vazão das pontas hidráulicas, submetidas às pressões de trabalho de 200, 300, 400 e 500 kPa

FV	GL	SQ	QM	F
Pressão	3	0,5568	0,1856	74,24*
Resíduo	16	0,0408	0,0025	
CV (%)		5,68		

Tabela 2 - Análise de variância dos ângulos das pontas hidráulicas, submetidas às pressões de trabalho de 200, 300, 400 e 500 kPa

FV	GL	SQ	QM	F
Pressão	3	148,4441	49,4814	16,65*
Resíduo	16	47,5362	2,7910	
CV (%)		1,56		

Tabela 3 - Análise de variância do coeficiente de variação, proporcionado pelas diferentes condições de operação das pontas XR 110 02

FV	GL	SQ	QM	F
Altura (A)	2	83,3611	41,6806	174,45*
Pressão (P)	3	6,8567	2,2856	9,57*
A x P	6	37,9342	6,3223	26,46*
Resíduo	24	5,7341	0,2389	
CV (%)		5,07		

Tabela 4 - Resumo da análise da variância do espectro de gotas, proporcionado pelas pressões de trabalho de 200, 300, 400 e 500 kPa

FV	QM			
	GL	DMV	DMN	CH
Pressão	3	11492,7200*	904,8000*	0,2222*
Resíduo	16	118,8500	32,050	0,0024
CV (%)		5,06	5,78	2,17

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 - Resumo da análise da variância da população de gotas, proporcionada pelas pressões de trabalho de 200, 300, 400 e 500 kPa

FV	QM		
	GL	DEN	COB
Pressão	3	4444,467*	172,000*
Resíduo	16	18,6500	16,2500
CV (%)		8,09	10,25

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 - Análise de variância da porcentagem de redução de perfilhos de *B. decumbens*, em função da aplicação de glyphosate no campo, em diferentes doses e espectros de gotas

FV	GL	SQ	QM	F
BLO	2	358,7697	179,3848	0,4800*
DOS	2	22432,9000	11216,4500	29,7500 ^{ns}
ESP	2	83,20570	41,6028	0,1100*
DOS * ESP	4	653,3874	163,3469	0,4300*
RES	16	6032,075	377,0047	
CV (%)			30,4000	

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Análise de variância da regressão de porcentagem de redução de perfilhos de *B. decumbens*, em função de doses de glyphosate nos tratamentos realizados no campo e avaliados aos 30 dias após aplicação

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	7411,1400	7411,1400	19,6579*
Falta de ajuste	1	66,4923	66,4923	0,1463 ^{ns}
Resíduo	16	6032,075	377,0046	

^{ns} Não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8 - Estimativa dos parâmetros de regressão para análise de porcentagem de redução de perfilhos de *B. decumbens*, em função de doses de glyphosate nos tratamentos realizados no campo e avaliados aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de "t"	Pr>t
DOS	0,0885	0,0116	7,5663	0,0032
Intercepto	2,7264			

Tabela 9 - Análise de variância da porcentagem de acúmulo de biomassa de *B. decumbens*, em função da aplicação de glyphosate no campo, em diferentes doses e espectros de gotas

FV	GL	SQ	QM	F
BLO	2	85,4074	42,7037	0,2000*
DOS	2	11028,9600	5514,4810	26,2800*
ESP	2	112,5185	56,2593	0,2700 ^{ns}
DOS * ESP	4	347,7037	86,9259	0,4100 ^{ns}
RES	16	3357,9260	209,8704	
CV (%)			18,4330	

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 10 - Análise de variância da regressão de porcentagem de acúmulo de biomassa de *B. decumbens*, em função de doses de glyphosate, nos tratamentos realizados no campo e avaliados aos 30 dias após aplicação

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	3505,6800	3505,6800	16,7000*
Falta de ajuste	1	172,1540	172,1540	0,8200 ^{ns}
Resíduo	16	3357,9260	209,8700	

^{ns} Não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 11 - Estimativa dos parâmetros de regressão para as análises de porcentagem de acúmulo de biomassa de *B. decumbens*, em função de doses de glyphosate, nos tratamentos realizados no campo e avaliados aos 30 dias após aplicação

FV	Parâmetro estimado	Erro padrão	Valor de "t"	Pr>t
DOS	0,0624	0,0109	5,6976	0,0094
Intercepto	34,8758			