ANDRÉ LUÍS DA SILVA QUIRINO

PARÂMETROS TÉCNICOS PARA A APLICAÇÃO DO *GLYPHOSATE* VISANDO O AUMENTO DA EFICÁCIA SEGURANÇA AMBIENTAL E DO APLICADOR

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

ANDRÉ LUÍS DA SILVA QUIRINO

PARÂMETROS TÉCNICOS PARA A APLICAÇÃO DO *GLYPHOSATE* VISANDO O AUMENTO DA EFICÁCIA SEGURANÇA AMBIENTAL E DO APLICADOR

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

APROVADA: 19 de julho de 2010

Prof. Haroldo Carlos Fernandes
(Coorientador)

Prof. Gilton José Rodrigues

Dr. Roberto Fontes Araújo

Dr. Sergio Mauricio Lopes Donzeles

Prof. Mauri Martins Teixeira

(Orientador)

Aos meus pais Maria José (*in memoriam*) e Pedro Quirino.

À minha irmã Cíntia.

Às minhas avós Maria Helena (*in memoriam*) e Maria de Lourdes.

À minha namorada Vera.

Aos meus tios e primos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o maior de todos, pela oportunidade de chegar a este momento e pelo discernimento para trilhar os caminhos até aqui.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem em minhas decisões. À minha mãe pelo carinho, sinto muita a sua falta, e ao meu pai por me ensinar que existem outros caminhos.

À minha irmã, pela paciência, por sempre me ouvir, mesmo sem entender muita coisa.

À mulher da minha vida, Vera Lúcia, por não me deixar desistir, mesmo no pior momento, a quem dedico grande parte do esforço.

Aos meus tios e primos, por compartilharem comigo os bons e maus momentos.

Às minhas avós Maria Helena e Maria de Lourdes, pelas palavras de incentivo.

Aos moradores da Rua do Pintinho, colegas amigos, vizinhos e agregados por me acolheram.

Às professoras Raja e Dona Zinha, pelos primeiros passos rumo ao mundo das letras.

À Dona Neuza, Dona Corita, Dona Hilda, Zeca, Paulinho e a tantos outros que fizeram parte da minha vida no ensino médio.

A todos os professores do curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, especialmente aos professores Lino, Antônio Alberto, Francisco Affonso e Carlos Sediyama.

Aos colegas do laboratório de herbicidas na planta: Luiz Henrique, Pará, Léo Tuffi, Léo D'antonino, Barbosa, Edinho, Rafael, e outros.

Ao professor Mauri, pelo apoio, dicas e muita compreensão a todo momento.

Aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola: Wantuil, Danilo, Geraldo, Marcelo.

Aos funcionários do DEA: Dona Maria, Edna, Galinari, Evaristo, Graça, Marcos, Rosalia, Juvercindo, José Mauro, Claudenilson, Délio, Renato, João Vitor.

Aos colegas da pós-mecanização: Amanda, Marcus, Cleyton, Gustavo, Raphael, Robson, Flávio, Paula, Wevergton, Wagner Peixe, Wagner, Geice, Marcelo, Daniel, Fred, Samuel, Eduardo, Denis, Murilo, Ronaldo, Walter, Renato, Vitor, Marley, Lorena, Selma, Allisson, Gerson (*in memorian*), Jefferson, Ariston, Áian, Enrique, Antônio, Sérgio, Edney, Nildimar, Pedro.

BIOGRAFIA

André Luís da Silva Quirino, filho de Maria José da Silva Quirino e Pedro Eugênio Quirino, é irmão de Cíntia da Silva Quirino.

Nasceu na cidade de Viçosa-MG, em janeiro de 1980.

Concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Ministro Edmundo Lins no ano de 1990.

No ano de 1991, ingressou como aluno do ensino médio na Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres.

Também na Escola Estadual Raimundo Alves Torres cursou o segundo grau, que concluiu no ano 1997.

Em 2002, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, que concluiu no ano de 2007.

Em 2008, ingressou no programa de pós-graduação no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS vii
LISTA DE TABELAS viii
LISTA DE QUADROS ix
RESUMO x
ABSTRACT xii
1. INTRODUÇÃO 1
2.REVISÃO DE LITERATURA 2
2.1. O Glyphosate 2
2.2. As plantas daninhas 4
2.3. Base teórica da tecnologia de aplicação 6
2.3.1. Volume de calda 6
2.3.2. Cobertura do alvo 8
2.3.3. Diâmetro de gotas 10
2.3.4. Espectro de gotas 12
2.3.5. Depósito de calda 15
2.3.6. Deriva 16
3. MATERIAIS E MÉTODOS 19
3.1 Determinação da densidade e espectro de gota da pulverização realizada com um bocal centrífugo 21
3.2. Critérios para o controle de plantas daninhas, visando à redução da contaminação ambiental 23
3.2.1. Parâmetros da tecnologia de aplicação para redução da contaminação do aplicadore do ambiente 23
3.2.2. Porcentagem de volume acumulado de pulverização com gotas de diâmetro menor que 100, 150, 200, 400 e 600 µm 23
3.2.3. Estimativa da deriva de gotas pulverizadas em função da altura de lançamento e velocidade do vento 24
3.2.4. Estimativa da deriva de gotas, utilizando o programa computacional *DRIFTSIM* 25
3.2.5. Deposição do líquido pulverizado, efetuado pelo método da espectrofotometria 25
3.2.6. Avaliação da tolerância de *B. decumbens* ao *glyphosate* 28
3.2.7. Delineamento Estatístico 30

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 30
4.1. Distância de deposição de gotas em função da altura de lançamento e velocidade do vento, utilizando-se de expressão matemática 36
4.2. Distância de deposição de gotas em função da altura de lançamento e velocidade do vento, utilizando o programa computacional DRIFTSIM 43
4.3. Eficácia de controle de B. decumbens em função do volume e dose de glyphosate pulverizado 48
4.3.1. Volume de deposição do corante FD&C Blue n.1 em função do volume de pulverização 48
4.3.2. Tolerância de *B. decumbens* ao *glyphosat*e em função da dose e do volume pulverizado 49
5. CONCLUSÕES 53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Comportamento da gota ao atingir a superfície da foliar.....9

Figura 2- Diâmetro mediano volumétrico (DMV).....10

Figura 3 - Barra de pulverização autodeslizante equipada com o pulverizador centrífugo.....19

Figura 3 - Croqui do dispositivo de pulverização.....20

Figura 5 - Disposição das etiquetas sob o dispositivo pulverizador.....22

Figura 6 - Disposição de tampas plásticas para avaliação de deposição sobre o solo.....27

Figura 7 - Disposição dos vasos para aplicação do herbicida *glyphosate*.....29

Figura 8 - Distância de deposição de gotas em função da altura de lançamento (0,3m (a), 0,4m (b) e 0,5 m (c) e velocidade de vento.....37

Figura 9 - Distância teórica de deposição em função do volume de pulverização (40 L ha^{-1}) e altura de lançamento emsete diferentes velocidades de vento lateral (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 m s^{-1}).....40

Figura 10 - Distância teórica de deposição em função do volume de pulverização (90 L ha^{-1}) e altura de lançamento emsete diferentes velocidades de vento lateral (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 m s^{-1}).....41

Figura 11 - Distância teórica de deposição em função do volume de pulverização (165 L ha^{-1}) e altura de lançamento em sete diferentes velocidades de vento lateral (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 m s^{-1}).....42

Figura 12 - Porcentagem de controle de *B. decumbens*, em função de doses e três volumes de pulverização 40 (a), 90 (b) e 165 L ha^{-1} (c).....51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Volume de pulverização, recomendado por unidade de superfície em diferentes sistemas de pulverização.....7

Tabela 2- Densidade mínima de gotas, recomendada sobre o alvo para herbicidas.....9

Tabela 3- Valores de Coeficiente de Homogeneidade (CH), segundo o tipo de ponta de pulverização.....13

Tabela 4- Valores admitidos para o cálculo da distância de deposição teórica de gotas com diâmetro conhecido, a 20°C.....25

Tabela.5- Tratamentos para avaliação da tolerância de *B. decumbens* ao glyphosate.....28

Tabela 6- Escala de avaliação visual proposta pela *AsociaciónLatinoamericana de Malezas*, *ALAM* (1974).....29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Médias do diâmetro da mediana volumértica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) em função de três diferentes vazões.....30

Quadro 2- Densidade de gotas e cobertura do alvo proporcionado por diferentes volumes de pulverização.....32

Quadro 3 - Porcentagem de volume acumulado composto por gotas com diâmetro inferior a 100, 150, 200, 400 e 600 m em diferentes volumes.....33

Quadro 4 - Distribuição volumétrica por classe de tamanho e amplitude relativa de gotas pulverizadas em diferentes volumes.....35

Quadro 5 - Distância de deposição de gota em função da velocidade do vento e altura da barra porta bicos a 0,50 m de altura com volume de pulverização de 40 L ha^{-1}.....45

Quadro 6 - Distância de deposição de gota em função da velocidade do vento e altura da barra porta bicos a 0,50 m de altura com volume de pulverização de 90 L ha^{-1}.....46

Quadro 7 - Distância de deposição de gota em função da velocidade do vento e altura da barra porta bicos a 0,50 m de altura com volume de pulverização de 165 L ha^{-1}.....47

Quadro 8 - Valores médios de deposição (µl de calda g^{-1}de massa seca) sobre*Brachiariadecumbens* e solo (µL cm^{-2}) em função de três volumes de pulverização.....49

Quadro 9 - Porcentagem de controle de *B. Decumbens*, proporcionado pelas doses de *glyphosate* aplicadas em diferentes volumes de calda.....52

Quadro 10 - Porcentagem de controle de B. *decumbens* em função da época de avaliação.....53

RESUMO

QUIRINO, André Luís da Silva,M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Parâmetros técnicos para a aplicação do *glyphosate* visando o aumento da eficácia segurança ambiental e do aplicador**. Orientador: Mauri Martins Teixeira. Coorientadores: Haroldo Carlos Fernandes e Lino Roberto Ferreira.

Estima-se que apenas 0,1% de todos os pesticidas pulverizados são depositados sobre o alvo. As perdas, para o ambiente, de parte do pesticida aplicado devem-se, em parte, ao desconhecimento, pelo aplicador, dos parâmetros da tecnologia de aplicação. Este trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros da tecnologia de aplicação do *glyphosate* para o controle de plantas daninhas, visando à sua eficácia e à redução da contaminação do aplicador e do ambiente. Na determinação da densidade e do espectro de gotas da pulverização, foram aplicados três volumes de pulverização (40, 90 e 165 L ha^{-1}) sobre alvos estáticos, constituídos por etiquetas de papel hidrossensível. Por meio do programa computacional *IMAGE TOLL*, versão 3.0, foi possível a determinação do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), do diâmetro da mediana numérica (DMN) e do coeficiente de homogeneidade (CH). Foi possível, também, a determinação da amplitude relativa (AR), da densidade populacional das gotas de pulverização (DEN) e da porcentagem de cobertura (COB), para cada um dos volumes aplicados. Para cada um dos volumes pulverizados, determinou-se também a porcentagem de volume acumulado de gotas com diâmetros menores que 600, 400, 200, 150 e 100 µm. Sobre quatro vasos plásticos, com capacidade para 3,5 L de solo e contendo, cada um, cinco plantas de *Brachiariadecumbens*, pulverizaram-se três volumes de calda (água+corante alimentício *FD&C Blue* n.1, na proporção de 3,0 g L^{-1}), para a determinação da quantidade de produto retida pelo alvo. Após as aplicações, cada planta foi cortada rente ao solo e ensacada individualmente, com a devida identificação. Em laboratório, cada uma das plantas foi lavada com 100 mL de água destilada, por 30 segundos, e seus extratos analisados por um espectrofotômetro na faixa de detecção do *FD&C Blue* n.1 (630 nm). Para a avaliação da tolerância de *B. decumbens* ao *glyphosate*, foram aplicados três volumes de pulverização (40, 90 e 165 L ha^{-1}) e quatro doses do herbicida (180, 360, 720 e 1080 g de equivalente ácido (e.a.) ha^{-1}), sobre

quatrovasos plásticos, com capacidade para3,5 L de solo e contendo cada um quatro plantas de *B. decumbens*. Aos 7, 14 e 26 dias após a aplicação (DAA), fez-se a devida avaliação da intoxicação das plantas de *B. decumbens*. Atribuíram-se notas percentuais de toxicidade, em relação à testemunha, de acordo com a escala percentual de controle proposta pela *AsociaciónLatinoamericana de Malezas (ALAM)*. Em todas as aplicações, foi utilizado um pulverizador centrífugo, montado em trilho deslizante, com 12 m de comprimento. Ao longo da barra deslizante, os primeiros 3,0 m de comprimento foram destinados a que o dispositivo de pulverização atingisse o ritmo de trabalho desejado. Nos 5,0 m seguintes, o dispositivo operou em ritmo de trabalho constante, sendo os 4,0 metros restantes destinados à desaceleração segura do conjunto de pulverização. A cobertura do alvo para o volume de pulverização de 40 L ha^{-1} atendeu às recomendações para o controle de *B. decumbens*.Os volumes de pulverização de 40 e 90 L ha^{-1} apresentaram os valores, respectivos, de 20,87 e 29,14 % de volume de líquido com gotas com diâmetros menores que 200 µm. Na aplicação de volumes de pulverização acima de 165 L ha^{-1}, 44,29 % do volume acumulado era de gotas com diâmetro menor que 600 µm.Por causa da maior porcentagem de gotas com diâmetro menor que 200 µm, as maiores distâncias de deposição ocorreram quando se pulverizaram os volumes de 40 e 90 L ha^{-1}. Os volumesde pulverização não afetaram a eficácia de controle de *B. decumbens*.Doses reduzidas de *glyphosate* e baixo volume de pulverização resultaram em eficiência acima de 97% para o controle de *B. decumbens.*

ABSTRACT

QUIRINO, André Luís da Silva, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2010. **Technical parameters for the application of glyphosate in order to increase the effectiveness and environmental of the applicator**. Advisor: Mauri Martins Teixeira. Co-Advisors: Haroldo Carlos Fernandes and Lino Roberto Ferreira.

It is believed that only 0.1% of all pulverized pesticides are deposited under a target. The losses of the environment derived from the pesticide are due to the lack of the ones who spray pesticides, for some of them are not familiar with the parameters of application. The purpose of this work is to determine the technological parameters of *glyphosate* application to control weeds in order to improve the application efficiency and reduce the contamination. To determine the density and the specterum of pulverization (40, 90 and 165 L ha^{-1}) under static targets constituted of hydro-sensitive paper. Through the computer program IMAGE TOLL, version 3.0, it was possible to determine the volume mean diameter (VMD) of the number mean diameter and the homogeneity coefficient (HC). In addition, it was also possible to find the relative amplitude (RA), determination of the population density of the spraying drops (DEN) and the percentage of covering for each of the volumes applied. It was also determined, to each of the applied volumes, the percentage of accumulated volume of spraying drops with diameters inferior to 600, 400, 200, 150, 100 µm. On four plastic vases, with capacity for 3,5 L of soil and each of them containing five plants of *Brachiariadecumbes*, three spray volume were sprayed to determine the quantity of product preserved by the target. After the applications, each plant was cut *close to the ground* and packed individually, and each of them with proper identification. In the laboratory, each of the plants was washed with 100 ml of distilled water, for 30 seconds and then, their extracts were analyzed by a spectrophometer under *FD&C Blue n.1* detection (630nm). In order to evaluate the *B. decumbens* tolerance to the *glyphosate*, three volumes of pulverization were applied (40, 90 and 165 L ha^{-1}) and four doses of the herbicide (180, 360, 720 and 1080 g of acid equivalent (a.e.) ha^{-1}), on four plastic vases, with capacity for 3,5 L of soil, containing four plants of *B. decumbens*. On the 7^{th}, 14^{th} and 26^{th} day, after the application (DDA), the evaluation of the intoxication of *B. decumbens* plants were determined. Grades percentage of toxicity, in relation to the witness and according to the

percentage control scale proposed by the *AsociacíonLatinoamericana de Malezas*(*ALAM*). It was used, in all the applications, a twelve-meter- long pulverizer (centrifuge) with sliding trails. Along the sliding trail the first 3 meters was the part where the desire of the working pace of pulverization could be achieved. The following 5,0 meters of the machine operated in a constant pace and the 4,0 meters left were responsible for the slowdown of the pulverization. The target coverage to the pulverization volume of 40 L ha^{-1} was according to the recommendations to the control of *B. decumbens*. The pulverization volumes of 40 and 90 L ha^{-1} presented the respective values of 20,87 and 29,14% of liquid volume with spraying drops having a diameter inferior to 200 µm. In the application of pulverization volumes over 165 L ha^{-1}, 44,29% of the accumulated volume contained spraying drops with diameters inferior to 600 µm. Due to the greater percentage of drops with diameter inferior to 200 µm, the greater distances of deposition occurred when they sprayed the volumes of 40 and 90 L ha^{-1}. The volumes of pulverization did not affect efficiency control of *B. decumbens*. Reduced doses of glyphosate and Low volume spray resulted in na efficiency level over 97% for te control of *B.decumbens*.

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que apenas 0,1% de todos os pesticidas pulverizados são depositados sobre o alvo (plantas daninhas, insetos, fungos, ácaros e nematoides). Portanto, 99,9% de tudo o que é pulverizado são perdidos para o ambiente (SABIK *et al*., 2000).

As perdas de parte do pesticida aplicado para o ambiente devem-se, em parte, ao desconhecimento, pelo aplicador, dos parâmetros da tecnologia de aplicação. A tecnologia de aplicação de pesticidas, segundo Matuo*et al*. (2001), é o emprego de todas as técnicas que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas.

A colocação do produto em quantidade necessária depende do conhecimento dos parâmetros da pulverização: número de gotas cm^{-2} de área e porcentagem de área total de determinado alvo que as gotas pulverizadas são capazes de cobrir. Os dois parâmetros são dependentes do diâmetro de gotas, ou seja, de seu espectro. O espectro ou família de gotas de uma pulverização é caracterizado pela determinação do diâmetro mediano volumétrico (DMV), do diâmetro mediano numérico (DMN) e da relação entre estes dois parâmetros, para determinação de um terceiro, que é o coeficiente de homogeneidade (CH).

Se as recomendações básicas das boas práticas agrícolas, com relação a esses parâmetros, forem seguidas, a quantidade mínima necessária de produto a ser aplicado sobre o alvo será alcançada.

Seguindo as recomendações das boas práticas agrícolas, atualmente recomenda-se a redução do volume de calda. Ainda são comuns pulverizações de alto volume de calda, mas a tendência é de redução do volume, aplicando-se médio ou baixo volumes. Esse procedimento aumenta a capacidade operacional de trabalho, pois reduz o número de abastecimentos, com consequente redução da quantidade de água necessária às operações.

Pulverizações de baixo volume de calda são operações que devem ser rigorosamente controladas. A redução de volume pressupõe a redução do diâmetro de gotas, que, então, podem mais facilmente ser arrastadas pelo vento para áreas que não são objetivos de controle.

Tendo em vista a necessidade de aumento da produção de alimentos, com a perspectiva de aumento do uso constante de pesticidas, destacando-se os herbicidas, e a

preocupação da sociedade com relação à contaminação ambiental e à segurança dos trabalhadores envolvidos, é importante o conhecimento dos parâmetros da tecnologia de aplicação para controle de plantas daninhas, pois esse fator é, sozinho, responsável por perdas na agricultura que podem chegar a 65%, segundo Santos *et al*.(2004).

Justifica-se, assim, o objetivo deste trabalho, que foi determinar os parâmetros da tecnologia de aplicação do *gliphosate*para o controle de plantas daninhas, visando ao aumento da eficácia de aplicação, com segurança do aplicador e do ambiente. Como objetivos específicos determinar os parâmetros da tecnologia de aplicação (DMV, DMN, AR) do *glyphosate* no controle de plantas daninhas. Estabelecer critérios para o controle de plantas daninhas, visando à redução da contaminação ambiental.Determinar a uniformidade de deposição de líquido, utilizando espectrofotometria. Avaliar a eficácia do controle de *Brachiariadecumbens*sob diferentes doses de *glyphosate*. Estimar a distância de deposição de gotas em função da altura de lançamento e da velocidade do vento.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Glyphosate

No Brasil, o *glyphosate* é comercializado em diferentes formulações e possui características como a ausência de seletividade, ou seja, controla plantas daninhas anuais e perenes. Atua pela inibição da síntese de aminoácidos aromáticos, necessários para a formação de proteínas em plantas susceptíveis (BRIDGES & HESS, 2003**).**

O *glyphosate* exerce seu controle sobre plantas daninhas, inibindo a atividade da enzima EPSP sintase. A inibição dessa enzima por competição com o substrato PEP (fosfoenolpiruvato) evita a transformação do chiquimato em corismato. Com a interrupção dessa rota, verifica-se a diminuição dos aminoácidos essenciais tryptofano, fenilalanina e tirosina, precursores da maioria dos compostos aromáticos em plantas. Esses aminoácidos são importantes na síntese de proteínas do metabolismo primário e secundário de plantas. O *glyphosate* também atua como competidor, inibindo o fosfoenolpiruvato (PEP), que é um precursor da síntese de aminoácidos aromáticos e afeta outras rotas do metabolismo secundário, provocando a morte das plantas daninhas.

Como cerca de 20% do carbono nas plantas é utilizado na rota do ácido chiquímico, acredita-se que a desregulação dessa rota resulta na perda de carbono disponível para outras reações celulares, resultando em morte das plantas (SILVA & SILVA, 2007).

O *glyphosate* penetra na planta em duas fases: na primeira, atravessa a cutícula rapidamente; na segunda, tem uma lenta absorção simplástica, através das paredes celulares, via plastodermos. Em gramíneas e folhas largas, essa lenta absorção causa a morte das plantas daninhas num prazo de 7 a 14 dias. (BRIDGES & HESS & HESS, 2003)

O processo de penetração do *glyphosate* nas folhas depende da espécie daninha, do seu estado fenológico, das condições do ambiente, da concentração de produto na calda pulverizada e do surfatante presente na formulação comercial. (SATICHIVI *et al*.,2000).

Na aplicação de *glyphosate* sobre plantas da espécie *Amaranthushybridus*, Monquero*et al*. (2004)verificaram que, 72 horas após a aplicação, 93,5% do herbicida havia penetrado nas folhas. Segundo os mesmos autores, 80% do volume pulverizado, do mesmo herbicida, penetraram as folhas de *Ipomoeagrandifolia*,decorrido o mesmo tempo de exposição da espécie. *Commelinabenghalensis*foi a espécie quemenos absorveu *glyphosate*, somente 66,1%.

Em trabalho semelhante com *Abutilontheofrasti* e *Setariafaberi,* Satchivi*et al.*,(2000) verificaram que, para um mesmo período de 72 horas, *A. theophrasti*absorveu 26% do ^{14}C-*glyphosate* aplicado nas folhas e *S. faberi*absorveu maior quantidade, 43% .

O estado fenológico da planta influenciou a absorção do *glyphosate* em experimento realizado com as espécies *Erythroxylum coca* e *Erythroxylumnovogranatense*. Plantasjovens de *E. coca*, com 20 a 25 cm de altura, absorveram 60% do *glyphosate* aplicado sobre as folhas, após 288 horas; por outro lado, quando se encontravam em estádio mais avançado de desenvolvimento, com 50 a 60 cm de altura, a mesma espécie absorveu apenas 14% do herbicida. Comportamento semelhante foi observado em *E. novogranatense*: quando jovem, a espécie absorveu 79% do *glyphosate* e, na fase adulta, absorveu 52%. (FERREIRA & REDDY, 2000).

Fatores ambientais como temperatura e umidade relativa afetam a absorção dos herbicidas. O aumento da temperatura ambiente acima da ótima leva ao fechamento dos estômatos, o que reduz a absorção de água. Por outro lado, a umidade relativa afeta o estado hídrico da planta, por causa da permeabilidade da cutícula (ROMAN *et al*., 2004). A

absorção e a translocação de ^{14}C-*glyphosate* em *Desmodiumtortuosum* foram maiores a 22ºC e 95% de umidade do que a 16 e 45ºC ou 35 e 70% (SHARMA & SINGH, 2001).

A absorção de produto é influenciada pela luminosidade, a umidade do solo e a geada (BAIRD, 1971; FAWCETT & DAVIS, 1976; FERNANDEZ, 1979, citados por PEDRINHO JÚNIOR *et al*, 2004. Como forma de adaptação contra o estresse hídrico, plantas daninhas têm a espessura da cutícula aumentada para evitar a perda de água para o ambiente. Em *Euphorbiaheterophylla,* a umidade do solo afetou a absorção do *glyphosate* e a redução do tempo entre a última chuva simulada e a aplicação do herbicida aumentou a hidratação da cutícula, permitindo que o produto agisse de forma mais eficiente sobre a planta daninha (ZANATTA *et al*., 2007).

A redução, tanto do volume de aplicação, quanto da dose recomendada, tem-se tornado prática comum entre os produtores, visando à redução dos custos de aplicação e da contaminação ambiental (BUSSAN *et al*., 2000). A redução do volume de pulverização e da dose de *glyphosate* aumenta a eficiência dos herbicidas. Para o *glyphosate*, a redução de volume de pulverização, de 190 L ha^{-1} para 23 L ha^{-1} aumentou sua eficiência no controle de gramíneas, por causa da maior concentração do herbicida na calda pulverizada.(RAMSDALE *et al*.,2003).

Em experimento realizado por Sprankle*et al*., (1975), citado por Williams *et al*., (2000), com o objetivo de avaliar o tempo de penetração do *glyphosate* em *Agropyronrepens,* observou-se que a adição de 0,8% de surfatante à calda proporcionou uma rápida penetração do herbicida, 34% do que foi aplicado penetrou nas folhas em 4 horas e o restante penetrou nas folhas de forma lenta, levando 44 horas para o término do processo.

A eficácia dos herbicidas é dependente da retenção do produto aplicado sobre as folhas, de sua penetração através destas, da translocação da molécula herbicida e de seu sítio de ação (KIRKWOOD & MCKAY, 1994).

2.2. As plantas daninhas

Segundo Silva & Silva (2007), é considerada daninha toda planta que, não sendo de interesse econômico do homem, germina em áreas de plantio de culturas e gera um custo de controle. Na cultura da soja, esse custo pode chegar a 20-30% do custo de produção (SILVA, 2008).

As plantas daninhas na cultura de interesse, competindo de forma direta pelos fatores de crescimento água, luz, nutrientes e CO_2, reduzem o crescimento, a massa vegetal e o rendimento de grãos das culturas. A espécie *Chenopodiumálbum,* convivendo com cultura de interesse, gera perdas de produção de até 65% (SANTOS *et al*., 2004).

Em tomate destinado ao processamento industrial, as espécies *Bidens pilosa*, *Brachiariaplantaginea, Nicandraphysaloide*s e *Oxalis latifólia* causaram redução de até 75,5% na produção (NASCENTE *et. al*., 2004).

Redução na biomassa seca da parte aérea de plantas de tomate foi verificada por Morales-Payan*et al*. (2003), quando *Cyperusesculentus* conviveu por todo o ciclo com a cultura. Quando a cultura de interesse conviveu com plantas de *Cyperusrotundus,* a redução foi de 28%, causando menor prejuízo. O mesmo *C. esculentus* na cultura de melancia causou redução de 10% na produção, quando uma população de 2 plantas/ m^2 ocorreu na área de cultivo; já com infestação de 40 plantas/ m^2 a redução foi de 80% (BUKER *et al*., 2003).

A presença de plantas espontâneas de trigo e *Bidenssubalternans* na cultura do girassol causa perdas diárias no rendimento de óleo e na produtividade da cultura. Na ausência de interferência de plantas espontâneas e infestantes, ganhos diários de 6,5 kg ha^{-1} e 14,4 kg ha^{-1} foram observados no rendimento de óleo e produtividade de grãos, respectivamente, até 30 dias após a emergência da cultura (BRIGHENTI *et al*, 2004).

De acordo com Harker *et al*. (2001), a competição das plantas daninhas *Avena fatua* e *Fagopyrumtataricum* durante o ciclo da cultura da ervilha (*Pisumsativum*) provocou perdas entre 40 e 70% no rendimento.

A cultura da soja sofre com a interferência de plantas daninhas e, em trabalho realizado com *Euphorbiadentata,* por Juan *et al*. (2003), foi verificada redução de 40% no número de legumes por plantas de soja. Plantas de *Euphorbiaheterophylla,* nas densidades de 12 a 32 plantas $m^{-2,}$ causaram redução de 30 a 50%, respectivamente, na produtividade da cultura (BRIDGES *et al*., 1992).

Em milho, outra cultura importante, perdas no rendimento, decorrentes da interferência de plantas daninhas, podem variar de 10 a 80%, dependendo das espécies presentes, da densidade de infestantes, do período de convivência e, também, do estádio de desenvolvimento da cultura. Duarte *et al.* (2002), trabalhando com plantas daninhas em

milho, verificaram redução de 22% no peso de espigas, em relação à testemunha não capinada durante todo o ciclo da cultura.

Plantas de *Brachiariadecumbens* e *Panicummaximum*, acumulando biomassa seca, causaram redução de 40 % na produtividade de colmos de cana-de-açúcar, quando esta conviveu com as infestantes, caracterizando a grande competitividade entre as plantas daninhas e a cultura, evidenciando a necessidade de controle (KUVA *et al*., 2003).

Os efeitos da interferência são irreversíveis. Uma vez estabelecidas as plantas daninhas, não há posterior recuperação do desenvolvimento ou da produtividade das culturas, mesmo após a retirada do estresse (KOZLOWSKI *et al*., 2002). Verificando a interferência de plantas daninhas na cultura da soja, Mello *et al*., 2001) determinaram perdas de 2% nos fatores de produção.

Indiretamente, as plantas daninhas atuam como hospedeiras intermediárias de pragas e doenças. A espécie *Brachiariaplantaginea*, uma gramínea com metabolismo do tipo C_4, afeta diretamente a produção de algumas culturas. Em condições favoráveis, como solo fértil, o crescimento vigoroso de uma planta por m^2 pode reduzir os fatores de produção em até 50%.

Para a manutenção satisfatória dos níveis de produção das plantas cultivadas, torna-se necessário, portanto, o controle das plantas daninhas presentes nas áreas de cultivo, de forma eficiente, utilizando-se técnicas adequadas em cada situação.

2.3. Base teórica da tecnologia de aplicação

2.3.1. Volume de calda

A utilização de grandes volumes de pulverização remete à descoberta e popularização, no século XIX, da calda bordalesa. Descoberta por acaso na França, a calda é aplicada sobre o alvo com o objetivo de recobri-lo por completo, já que se trata de calda com características fungicidas. Utilizada por agricultores familiares, seu uso era facilitado pela abundância e proximidade dos cursos d'água das áreas pulverizadas.

A aplicação de alto volume de pulverização é complexa, pois esse tipo de aplicação produz gotas de grande diâmetro e maior peso, que ultrapassam a capacidade de retenção de líquido pelas folhas, causando perda.

Segundo Matthews (1982), cerca de um terço de todo volume pulverizado é perdido para o solo, por causa do coalescimento de gotas. O coalescimento e a queda de gotas para o solo, que causam a contaminação, são conhecidos como endoderiva (MATUO, 1990).

A tendência atual é a redução do volume de pulverização, pois esse procedimento reduz o número de reabastecimentos, com consequente redução do volume de água necessário às operações, aumentando a capacidade operacional (SILVA & SILVA, 2007). A redução da quantidade de agrotóxico aplicado também é conseguida por meio deste procedimento.

Volume de pulverização reduzido também reduz a concentração de sais antagonistas, presentes na água de má qualidade, especialmente Ca^{++} e Mg^{++} (RAMSDALF *etal*., 2003; SILVA & SILVA, 2007).

A pulverização de baixo volume de calda (Tabela 1) é uma operação que deve ser rigorosamente controlada, pois a redução de volume pressupõe a redução do diâmetro de gotas, que são facilmente arrastadas pelo vento para áreas que não são objetivo de controle.

Tabela 1. Volume de pulverização recomendado por unidade de superfície em diferentes sistemas de pulverização

Pulverização	Volume (L ha^{-1})	
	Plantas herbáceas	Plantas arbóreas
Alto Volume	> 800	> 1500
Médio Volume	250-800	600-1500
Baixo Volume	75-250	250-600
Muito Baixo Volume	7,5-75	50-250
Ultra Baixo Volume	< 7,5	< 50

Fonte: Carrero (1996).

Gotas de diâmetros reduzidos, menores que 200µm, são problemáticas, principalmente, em situações nas quais são utilizados herbicidas não seletivos, como o *glyphosate.* O arraste de gotas de áreas alvo para sítios adjacentes causa prejuízos ambientais e econômicos, cabendo até mesmo processos judiciais entre proprietários de áreas agrícolas vizinhas.

Diâmetros de gotas pulverizadas inferiores a 250 µm indicam risco de deriva, principalmente em virtude de gotas com diâmetros menores que 100 µm, (MURPHY *et*

al.,2000; WOLF, 2000). Gotas menores, de diâmetro inferior a 100 µm, são, também, problemáticas, em função da maior probabilidade de evaporação.

2.3.2. Cobertura do alvo

Para cada alvo (inseto, planta daninha ou fungo) é recomendada uma cobertura diferente, que pode ser calculada pela equação 1, desenvolvida por Courshee (1967):

$$C = 15\frac{(VRK^2)}{AD} \qquad (1)$$

em que
C= cobertura (% da área coberta);
V= volume aplicado (L ha^{-1});
R= taxa de recuperação (% do volume aplicado captado pelo alvo);
K= fator de espalhamento das gotas;
A= superfície vegetal do hectare;
D= diâmetro da gota (µm).

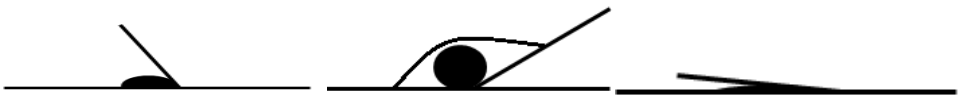
Pulverizações de alto volume recobrem o alvo de forma uniforme, mas produzem gotas de maior diâmetro. Gotas com diâmetros maiores que 800 µm sugerem problemas de escorrimento, por causa do coalescimento das gotas. (TEIXEIRA, 1997; CUNHA, 2003b).

Como forma de aumentar a deposição do produto sobre as folhas, a pulverização eletrostática tem sido utilizada como uma alternativa. Chaim*et al*. (2002), utilizando sistema de pulverização eletrostático, conseguiu uma deposição de 70% das gotas pulverizadas, maior que na pulverização hidráulica convencional, em que somente 30 % do volume foi depositado. A pesquisa por formas de se aumentar a deposição de gotas é importante, pois cerca de 60 a 70% de todo o volume pulverizado não chega a atingir o alvo (LAW, 2001).

Na aplicação de herbicidas pós-emergentes, as folhas das plantas daninhas são o principal órgão a ser atingido. As folhas são recobertas por uma camada morta, lipofílica, chamada cutícula. A cutícula também está presente em raízes, embora em menor quantidade, recobre as células da epiderme e tem como principal componente a cutina.

A cera epicuticular é uma barreira à penetração de herbicidas nas folhas e afeta sua molhabilidade. A molhabilidade das folhas é afetada pela presença de ceras e, segundo Teixeira (1997), depende também do ângulo de contato entre a gota e folha.

As gotas pulverizadas podem assumir três diferentes conformações (Figura 1): elas podem- se espalhar sobre a folha, até atingir um ângulo de contato de equilíbrio, ou seja, $\alpha < 90^{o}$ (A); podem- se contrair, até atingir um ângulo de contato $\alpha > 90^{o}$ (B), podem-se espalhar totalmente, recobrindo a superfície da folha, com $\alpha = 0^{o}$ (C). (SCHRAMM, 2005).



(A) (B) (C)

Figura 1. Comportamento da gota ao atingir a superfície foliar.

As gotas pulverizadas podem deixar de recobrir o alvo por causa da tensão superficial da água. Para que essa tensão interna das gotas seja quebrada, são adicionadas à calda substâncias tensoativas, que atuam como ponte de interfaces entra a gota e a superfície cerosa da folha (KISSMANN, 19988) e fazem com que a gota assuma um comportamento diferente, reduzindo o ângulo de contato entre a gota e a cutícula.

Segundo Barthelemy*et al*. (1990), o número mínimo de gotas necessário para o controle efetivo de plantas daninhas encontra-se na faixa de 20-50 gotas cm^{-2}, dado pela Tabela 2.

Tabela 2. Densidade mínima de gotas recomendada sobre o alvo para herbicidas

Tratamento	Natureza do herbicida	Número de gotas (cm^2)	Diâmetro de gota (µm)
Pré-emergência		20-30	> 300
Pós-emergência	Sistêmico	20-30	200-300
	Contato	30-50	150-300

Fonte: Embrapa (2005).

O número de gotas por unidade de área é outra maneira de se representar a cobertura do alvo. As recomendações de inseticidas, fungicidas e outros agrotóxicos também se baseiam neste mesmo critério.

A cobertura do alvo pode ser determinada, também, de forma visual, utilizando-se etiqueta de papel hidrossensível à água, segundo Cross *et al*. (2001). Papéis hidrossensíveis são eficientes em diferenciar os diversos tratamentos (SALYANI & FOX 1999; FOX *et al*. 2008), além de duráveis, se adequadamente acondicionados (SALYANI & FOX, 1999).

Outra forma de se avaliar a cobertura do alvo é por meio da adição, à calda, de aditivos fluorescentes, que são identificados facilmente com uso de luz ultravioleta.

Programas computacionais são meios recentemente utilizados para a determinação da cobertura proporcionada pelas pulverizações. Firveda*et al*. (2002) utilizaram essa ferramenta para determinação de cobertura em plantas de *Hibiscus*spp, e, também, Ramos *et al*. (2007), para determinação da cobertura em citros. Nos dois experimentos, foi utilizado para a análise de cobertura o *software* IDRISI.

A cobertura do alvo foi avaliada por meio do *software Image Tool* nas pulverizações de feijão, citros, café e outras culturas de interesse econômico. (BAESSO, 2009; MAGNO JÚNIOR, 2008; RODRIGUES, 2005).

2.3.3. Diâmetro de gotas

O diâmetro de gota, utilizado como referência nas pulverizações, é chamado de DMV (diâmetro da mediana volumétrica), ou seja, é o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas quantidades iguais. Logicamente, o valor de DMV está situado mais próximo do valor das classes de gotas de maior diâmetro (Figura 2).

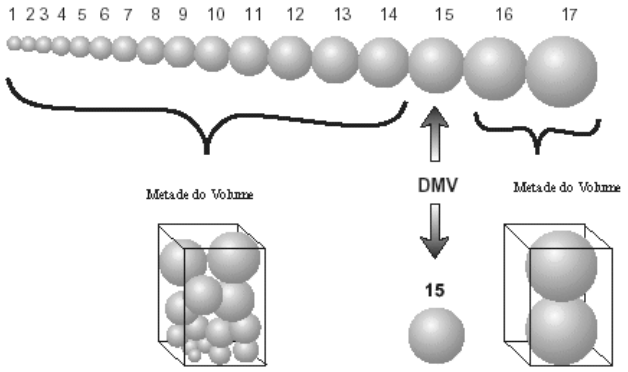


Figura 2. Diâmetro mediano volumétrico (DMV). (Fonte: FERREIRA & MACHADO, 2007).

A cada pulverização, odiâmetro de gotas a ser utilizado não só depende do alvo, mas também da condição ambiente (temperatura, umidade relativa e vento), no momento da aplicação. Menor diâmetro de gotas é recomendado para produtos de contato, pois nesse tipo de aplicação é necessário maior recobrimento do alvo. Na aplicação de produtos sistêmicos,

o total recobrimento de alvo não é necessário, sendo possível a aplicação de gotas com maior diâmetro.

Analisando a relação existente entre o DMV e a cobertura do alvo, Matthews (1979) concluiu que para uma pulverização que gere gotas com diâmetro de 500 µm, menor deposição de gotas é observada: 0,209 gotas cm^{-2}. Por outro lado, numa pulverização com gotas cujo DMV é de 100 µm, é observada uma população de 19 gotas cm^{-2}.

Apesar de recobrirem o alvo de forma mais eficiente, gotas com menor diâmetro são mais susceptíveis à ação do vento (exoderiva) e à evaporação. O tempo de vida teórico de uma gota com 100 µm de diâmetro, segundo Matuo (2001), é de 57 segundos, em ambiente cuja temperatura é de 20ºC e umidade relativa de 80%. Já numa condição de temperatura de 30ºC e umidade relativa de 50%, seu tempo de vida se reduz para 16 segundos. Na pulverização de gotas com diâmetro de 200 µm, teoricamente, o tempo de vida aumenta para de 227 segundos quando a temperatura é de 20ºC, numa condição de umidade relativa de 80%. Quando a temperatura se eleva para 30ºC, com umidade relativa de 5 %, o tempo de vida da gota é de 65 segundos.

A distância de deposição de gotas em função de seu diâmetro deve ser considerada, principalmente nas recomendações de produtos não seletivos, como o *glyphosate*.

A classificação do diâmetro de gotas, feita pela *American SocietyofAgriculturalandBiologicalEngineers* (ASABE, 2004), tem como foco o potencial de deriva das gotas. Esta norma estabelece um diâmetro mínimo e máximo de gotas que reduz a possibilidade de contaminação ambiental. Segundo essa classificação, diâmetros de gotas menores que 100 µm têm alto risco de deriva e não são recomendados em pulverizações agrícolas, pois essas gotas são mais sujeitas à deriva e à evaporação. O diâmetro mínimo de gota, recomendado pela ASABE, (2004) considerando risco médio de deriva, é 250 µm. Por deriva, entende-se o arraste das gotas, pelo vento, do seu ponto de lançamento para áreas que não as de objetivo.

A deriva é considerada tolerável, quando o vento conduz a gota para dentro da área de tratamento, e intolerável, quando as gotas são transportadas para fora da área de interesse.

A deriva de gotas está altamente correlacionada com a velocidade e direção do vento. Em estudo realizado por Cunha (2008), verificou-se que gotas com diâmetro de 100 µm, lançadas a 0,50 m do alvo, e com ventos de 5 km h^{-1} têm distância de deposição de

aproximadamente 30 m, evidenciando maior possibilidade de contaminação ambiental nessas condições. Já gotas com 250 µm, na mesma situação, foram depositadas a menos de 10 m do ponto de lançamento. Torna-se necessária a determinação da distância mínima de segurança, principalmente para herbicidas como o *glyphosate*. Para Marrs*et al*. (1993), a distância segura para aplicação do *glyphosate*, entre a área pulverizada e sítios não alvos, é de 20 m.

A ação do herbicida se dá somente quando ele atinge seu sítio de ação. Uma vez pulverizado, ele leva um certo tempo para penetrar e atingir o local onde exercerá sua função. Pulverizado sobre as folhas, a gota, contendo o princípio ativo, fica sujeita à ação da temperatura e da umidade. Se a gota é evaporada, pouco ou nenhum princípio ativo atingirá o sítio de ação e não haverá controle do patógeno ou da planta infestante. Para se obter esse efeito, recomenda-se um diâmetro mínimo de gota, para herbicidas sistêmicos de 250 µm.

2.3.4. Espectro de gotas

À diferença entre os menores e os maiores diâmetros de gotas de uma pulverização dá-se o nome de espectro de gotas. O espectro de gotas pode ser considerado "largo" ou "estreito". É considerado largo quando o valor do cociente, entre o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e o diâmetro da mediana numérica (DMN), for maior que 2,0. À relação entre o valor de DMV e o DMN dá-se o nome de "coeficiente de dispersão" (r) ou "coeficiente de homogeneidade" (CH) (Equação 3). Caso os valores de CH ou r se encontrarem entre 1,4 e 2,0, o espectro de gotas é considerado estreito, de acordo com Ferreira & Machado (2007).

$$\mathrm{CH} = \frac{\mathrm{DMV}}{\mathrm{DMN}} \qquad (2)$$

em que
CH = coeficiente de homogeneidade;
DMV = diâmetro da mediana volumétrica (µm);
DMN = diâmetro da mediana numérica (µm).

O DMN é o valor do diâmetro da gota, dado em micrômetro (µm), que divide o número total de gotas pulverizadas em duas quantidades iguais. O DMN assume valores iguais ou menores ao de DMV, nunca maiores. Caso os valores de DMN e DMV sejam

iguais, o valor CH é igual a 1,00, significando que o diâmetro de gotas pulverizadas é homogêneo.

É desejável que o valor de CH seja o mais próximo da unidade quanto possível. Na prática, considera-se que, para valores de CH < 1,4, o conjunto de gotas é homogêneo. Segundo Carrero (1996), o valor de CH varia de acordo com o tipo de ponta de pulverização (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de Coeficiente de Homogeneidade (CH) segundo o tipo de ponta de pulverização

Ponta	Coeficiente de Homogeidade (CH)
cônica	1,8 - 5,0
leque	2,0 - 8,0
turbulência	2,0 - 4,0
defletora	5,0 - 10,0
centrífugo	1,2 - 1,6

Fonte: CARRERO (1996).

Por serem acionadas hidraulicamente, as pontas de pulverização geram gotas de diâmetro heterogêneo. O diâmetro de gotas gerado por pontas hidráulicas pode ser expresso pela equação 3:

$$D = \frac{Q\ v\ s}{p\ d\ a} \qquad (3)$$

em que
D = diâmetro da gota (µm);
Q = vazão da ponta hidráulica ($m^3\ s^{-1}$);
v = viscosidade do líquido (Pa s^{-1});
s = tensão superficial (Pa);
p = pressão (Pa);
d = densidade (gotas cm^{-2});
a = ângulo do jato (º).

Como a viscosidade e a tensão superficial do líquido pulverizado é uma característica intrínseca, portanto, não alterada, o diâmetro de gotas é dependente da vazão da ponta e da pressão de trabalho utilizada. (CRISTOFOLETTI, 1997).

Por causa da heterogeneidade do diâmetro de gotas geradas por pontas hidráulicas, os estudos de laboratório para determinação dos parâmetros da pulverização requerem a utilização de dispositivos centrífugos, geradores de gotas com diâmetro homogêneo.

O diâmetro de gotas gerado por pulverizadores centrífugos é dado pela equação (4) desenvolvida por Walton e Prewelt (1949):

em que:

$$D = \frac{K}{W}\sqrt{\frac{\Sigma}{D\ P}} \qquad (4)$$

em que
D = diâmetro da gota, (cm);
K = constante dependente do equipamento;
W = velocidade angular, (rad s^{-1});
d = diâmetro do bocal centrífugo, (m);
σ = tensão superficial do líquido, (Pa);
ρ = densidade do líquido, kg cm^{-3}.

Geralmente, a constante do aparelho (K) assume valores entre 2,1 e 2,4, segundo Correa &Held (1980), mas, segundo Alcock&Froehlich (1986), os valores podem variar entre 2,67 e 6,55.A uniformidade do diâmetro de gotas, também, pode ser representada pelo valor de Amplitude Relativa (AR), dado pela equação (5):

$$AR = \frac{V_{90} - V_{10}}{V_{50}} \qquad (5)$$

em que,
AR = amplitude relativa;
V_{90} = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 90% do volume pulverizado (µm);
V_{10} = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 10% do volume pulverizado (µm);V_{50} = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 50% do volume pulverizado (µm).

Por essa relação, entende-se que valores de AR próximos a zero indicam homogeneidade do diâmetro de gotas. Pelo contrário, quanto mais distante da unidade o valor de AR, significa maior heterogeneidade do diâmetro de gotas da pulverização.

2.3.5. Depósito de calda

A agricultura moderna, que, por pressão da sociedade, busca reduzir a deposição de agrotóxicos fora da área de objetivo, deve utilizar cada vez mais ferramentas para avaliar os depósitos e perdas que porventura ocorram.

Segundo Souza *et al*. (2007b), as avaliações qualitativas e quantitativas da pulverização podem ser realizadas por meio da utilização de alvos artificiais, tiras de papel ou lâminas de vidro, colocados próximos a alvos reais (folhas, caules e solo); papéis sensíveis à água; corantes especiais fluorescentes, sensíveis à luz ultravioleta. Segundo o mesmo autor, podem-se utilizar corantes solúveis em água, que possibilitam a determinação das quantidades depositadas por meio de lavagem do material amostrado; outra forma de se determinar a deposição de calda é pela análise da sua condutividade elétrica.

Para determinação do depósito de pulverização, Palladini (2000) cita a utilização de corantes como *Waxolenered* e *Waxolene blue*, FD&C n 6 e FD&C n 1, amarelo tartrasina, pigmentos fluorescentes como *blazeorange* e traçadores tipo Rhodamina-B e o cobre.

Dentre as técnicas citadas, a que se destaca por ser de fácil condução e rapidez de resposta é a utilização de corantes solúveis em água. Segundo Palladini (2000), a utilização de corantes como traçadores permite a fácil remoção do que foi pulverizado, utilizando-se água.

O corante alimentício azul brilhante, catalogado internacionalmente pela *Food, Drug&Cosmetic* (FD&C) como *FD&C Blue* n.1, foi utilizado por Palladini (2000) para determinação do volume de pulverização, depositado sobre plantas de citros. O mesmo corante foi utilizado em experimentos conduzidos por Cunha (2003a), Soares Filho (2008) e Baesso (2009).

Os relatos da utilização de corantes alimentícios como traçadores de caldas é recente e, segundo Marchi *et al*. (2005), datam da década de 1990.

Nos diversos trabalhos conduzidos com o corante *FD&C Blue* n.1, concentrações diferentes foram utilizadas. Em trabalho conduzido por Palladini (2000), foram utilizados 1,5 g L^{-1} de corante na determinação de depósitos de calda sobre árvores cítricas. Esta mesma concentração foi utilizada em mistura com o pigmento fluorescente *SaturnYellow*.

O corante *FD&C Blue* n.1 também foi testado por Palladini*et al*. (2005), na concentração de 1,5g L^{-1}, em mistura com *SaturnYellow*, também na concentração 1,5g L^{-1}. Nesse procedimento, a mistura foi suspensa em lignosulfonatoVixilperse 0,15 g L^{-1} e Fluoresceína Sódica a 0,05 g L^{-1}. A utilização de corante azul brilhante apenas, para quantificação dos depósitos de calda em função do tipo de ponta, pressão de trabalho imposta e sua influência na deriva foi adotada por Costa *et al*. (2007), em trabalho em que o corante alimentício *FD&C Blue* n.1 foi adicionado à calda, na concentração de 3g L^{-1}.

A tecnologia de aplicação, segundo Matuo*et al*. (2001), é o emprego das técnicas que proporcionam a correta colocação do produto ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas. Devlin*et al*. (1991), citado por Soares Filho (2008.

A recomendação de dosagens acima do realmente necessário ocorre para que o controle das espécies daninhas seja garantido nas diversas condições ambientais, incluído velocidade do vento, temperatura ambiente, momento da aplicação e umidade relativa, em especial, por causa das falhas de aplicação.

Portanto, faz-se necessária a avaliação dos depósitos da pulverização, assim como das dosagens necessárias ao controle das espécies daninhas. A utilização de pigmentos corantes como o *FD&C Blue* n.1 é recomendada por Palladini (2000) nas avaliações dos depósitos de calda, como forma de desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação.

2.3.6. Deriva

As perdas por deriva nas pulverizações podem chegar a 70%, segundo Chaim*et al.*(2002). A contaminação de áreas adjacentes por agrotóxicos tem provocado na sociedade uma crescente desconfiança quanto ao uso seguro destes produtos (COSTA *et al*, 2005).

Por causa da ação do vento, parte das gotas pulverizadas é arrastada para áreas que não são objetivo de controle e esse é o fator que mais contribui para a perda de produto. Estudos apontam que o espectro de gotas e a velocidade do vento são dois dos fatores que contribuem para a deriva.

Métodos como a análise de depósitos de traçadores sobre plantas, alvos artificiais ou equipamentos de amostragem são meios comumente usados para a determinação da deriva.

Estudos visando à determinação dos danos causados pela deriva de agrotóxicos foram conduzidos por Al-Khatib*et al*. (2003) em *Sorghum bicolor* (L.). Utilizaram-se os herbicidas *imazethapyr*, glufosinato, *glyphosate* e *sethoxydim* nas subdosagens de 1/3, 1/10, 1/33 e 1/100 da dosagem recomendada, respectivamente. Verificou-se que as maiores injúrias foram causadas pelos herbicidas *glyphosate* e *imazetapyr*. O herbicida glufosinato foi aquele que causou os menores danos.

O efeito da deriva de *glyphosate* sobre plantas de tomate foi avaliado por Figueredo*et al*. (2007), utilizando-se de 15, 30, 45, 60, 75 e 90% da dose comercial de 1.260 g ha^{-1}. A partir da subdose de 378 g ha^{-1}, verificou-se alteração no desenvolvimento do tomateiro, independentemente do estádio de desenvolvimento.

Os danos causados pela ação de subdoses, simulando deriva, também foi avaliado em trabalho conduzido por Roider*et al*. (2007) em plantas de trigo. Esse estudo permitiu observar que a pulverização de plantas de trigo com subdoses de *glyphosate* causou a redução no rendimento de grãos em 72 %, quando se aplicaram 140 g ha^{-1} de ingrediente ativo (i.a), no estádio de primeiro nó, e redução de 45 %, quando a mesma dose foi pulverizada no estádio final de alongamento de colmo. Quando as aplicações foram realizadas com plantas de trigo em estádio próximo ao florescimento, a redução foi de 54%. Respostas semelhantes foram observadas para seis variedades de trigo: redução da densidade de espigas, número de espigas e peso de sementes. Aos 28 dias após o tratamento, a produção de plantas de trigo reduziu-se,em média, em 34 %, quando se pulverizaram 140 g ha^{-1}de i.a.

Em plantas de algodão, Yamashita e Guimarães (2006) verificaram a redução no rendimento do algodão em caroço nos casos estudados, subdoses de 180 e 360 g de i.a. ha^{-1} de *glyphosate*, exceto quando as aplicações foram realizadas em plantas no estádio mais avançado de desenvolvimento, na subdose de 180 g de i.a. ha^{-1}.

Tendo em vista os problemas causados pela deriva, é necessário que sejam criados meios de prevenção desse fenômeno. O estabelecimento de condições ambientais limites para as pulverizações: umidade relativa mínima de 55%, velocidade do vento entre 3 e 10 Km h^{-1}, ideal entre 3 e 6 Km h^{-1} e temperatura máxima de 30ºC (ANDEF, 2004) é uma tentativa de minimização dos efeitos da deriva.

Por causa da pressão da sociedade, tem-se procurado soluções para a mitigação dos efeitos da deriva. Um dos meios encontrados é o estabelecimento de *buffers zones*, definidas como faixas de áreas permanentes que são separadas do resto da área de pulverização para o escoamento de diversos poluentes agrícolas (MUSCUTT *et al*., 1993). Este método é frequentemente usado para separar as áreas de mananciais da contaminação de agrotóxicos, mas pode ser perfeitamente utilizado para a manutenção de áreas com culturas sensíveis, isoladas de áreas em que ocorrem aplicações de *glyphosate*.

A previsão dos danos causados pela deriva e o estabelecimento de zonas de segurança são realizados por meio de experimentos de campo. A impossibilidade de controle dos fatores ambientais, como o vento, temperatura e umidade relativa, gera a necessidade de se procurar formas de previsão das possíveis distâncias percorridas pelas gotas, nas diversas situações. Uma ferramenta disponível para a determinação da distância de deriva em pulverizações é a utilização de fórmulas matemáticas e programas computacionais, baseados na dinâmica de escoamento dos fluidos.

Para simulação de deriva,Reichard*et al*. (1992) utilizaram um programa computacional para simulação de distâncias percorridas por faixa de diâmetros de gotas, entre 148 e 424 µm, e velocidade de vento, entre 0,5 e 6,2 m s^{-1}. Os valores encontrados em simulação computacional foram confrontados com aqueles obtidos em túnel de vento. Os valores foram similares, evidenciando que a utilização de programas computacionais é válida para simulação de deriva.

Em alguns países, a simulação de deriva por meio da utilização de programas computacionais é uma realidade. No mercado estão disponíveis programas como o *FLUENT*, *AgDRIFT* e *AgDISP*, os dois últimos largamente utilizados na simulação de deriva de aplicações aéreas, tendo sido o *FLUENT* desenvolvido para todos os tipo de aplicação.

SegundoZhu *et al*.(1995), programas computacionais como o *FLUENT* exigem maior rapidez e capacidade das máquinas. Para suprir essa necessidade, foi desenvolvido pelos autores um programa computacional de interface intuitiva e amigável ao operador, além de mais leve e de fácil aquisição.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA) do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa - UFV, em Viçosa–MG, situada na região da Zona da Mata, a uma altitude média de 649 m, tendo como coordenadas geográficas o paralelo de 20° 45´ 14´´, latitude S, e o meridiano de 42° 52´ 54´´, longitude W.

Foi utilizado um pulverizador centrífugo montado em trilho deslizante. A estrutura do trilho deslizante era composta de *metalon*, cujas dimensões eram 0,5 x 0,3 m (altura x largura), com 12 m de comprimento e altura máxima da estrutura de 2,50 m (Figura 3). Ao trilho deslizante, foi acoplada uma estrutura que possibilitava o ajuste da altura do bocal centrífugo até 1,50 m, em relação ao alvo.

A estrutura de acoplamento do bocal pulverizador movia-se ao longo da barra, impulsionada por um motor elétrico com 1cv (0,735 kW) de potência e rotação máxima de 1715 rpm. Na saída do motor elétrico, havia um mecanismo redutor de velocidade, composto por correntes e engrenagens, que se moviam sobre cremalheiras fixadas ao longo da estrutura. Essa disposição permitia o acionamento do dispositivo pulverizador, em velocidades constantes.

Figura 3. Barra de pulverização autodeslizante equipada com o pulverizador centrífugo.

O acionamento do motor foi possível graças ao acoplamento de um inversor de frequência vetorial trifásico, marca Delta, modelo VFD-B. O acoplamento do inversor permitiu controlar várias funções do motor, como acionamento em diferentes velocidades, paradas, inversão do sentido de rotação e programação dos tempos de aceleração (2 segundos) e desaceleração (3 segundos) do conjunto. Todas as funções foram monitoradas por controles, localizados no painel do inversor de frequência.

Para as pulverizações, determinou-se, ao longo da barra, o comprimento de 3,0 m para que o dispositivo de pulverização atingisse o ritmo de trabalho desejado. Nos 5,0 m seguintes, o dispositivo operou em ritmo de trabalho constante. Os 4,0 metros restantes foram destinados à desaceleração segura do conjunto de pulverização (FIGURA 4).

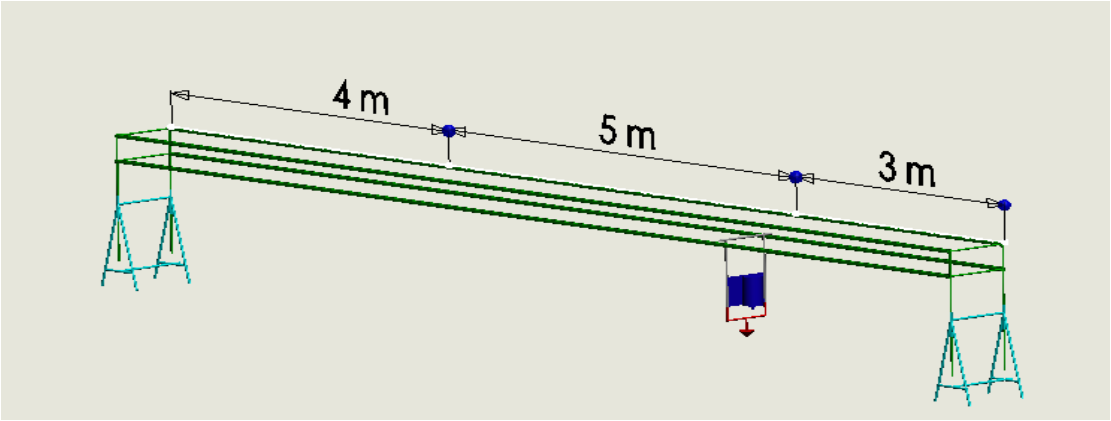


Figura 4. Croqui do dispositivo de pulverização.

À barra de pulverização autodeslizante foram acoplados um bocal centrífugo e um depósito de calda com capacidade para 12 L. O depósito era dotado de registro que permitia controlar a vazão de alimentação do bocal pulverizador. A alimentação do bocal foi feita por meio de mangueira transparente, com 3/8” de diâmetro. O bocal centrífugo, de formato cônico, media 0,08 m de diâmetro e tinha bordas serrilhadas.

O acionamento do bocal centrífugo foi realizado por um motor de 110 V, ligado à corrente elétrica por meio de um potenciômetro que permitia o controle da rotação. Com o objetivo de eliminar as variações da tensão da rede elétrica, o potenciômetro foi ligado a um estabilizador de tensão.

O sistema permitiu a aplicação de três volumes de pulverização (40, 90 e 165 L ha^{-1})sobre plantas daninhas da espécie *Brachiariadecumbens*(braquiária) e de água sobre etiquetas hidrossensíveis.

3.1 Determinação da densidade e espectro de gota da pulverização realizada com um bocal centrífugo

Foram determinados a densidade e espectro de gotas produzidas pelo pulverizador centrífugo, para os volumes pulverizados de 40, 90 e165 L ha^{-1}.

Para determinação dos parâmetros da pulverização na aplicação do *glyphosate*, foi pulverizada água pura sobre quatro alvos estáticos, constituídos por etiquetas de papel hidrossensível, fabricado pela *Syngenta CropProtection* AG, medindo 26 x 76 mm (largura x comprimento). O bocal centrífugo trabalhou a 0,50 m de altura do alvo (FIGURA 5).

As determinações foram realizadas em ambiente fechado, com temperatura média de 17ºC e umidade relativa de 90 %. A velocidade do vento, medida por anemômetro digital de bolso marca Kestrel, modelo 1000, em todas as aplicações foi 0,0 m s^{-1}. A ausência de vento no momento da pulverização permitiu que todas as gotas pulverizadas fossem depositadassobre o alvo.

Os valores de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento estiveram abaixo dos valores recomendados pela Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF, 2004), que são: temperatura máxima de 30ºC e umidade relativa mínima de 55 %. Ainda de acordo com as recomendações, a velocidade do vento, ideal, no momento das pulverizações deve permanecer entre 3 e 10 Km h^{-1}.

Figura 5. Disposição das etiquetas sob o dispositivo pulverizador.

Logo após as pulverizações, as etiquetas tiveram suas imagens digitalizadas. Uma câmera digital SONY modelo DSC-S650 foi utilizada nesse procedimento. As imagens digitalizadas foram analisadas com auxílio do programa computacional *ImageTool 3.0*.

Os valores de coeficiente de homogeneidade (CH) foram determinados por meio da relação entre o diâmetro da mediana volumétrica DMN e do DMV (Equação 2).

O diâmetro das gotas coletadas no papel hidrossensível foi corrigido por meio da equação 6, proposta por Chaim*et al.* (1999):

$$F(D) = 0,74057+0,0001010399.D+0,2024884.\ln(D) \quad (6)$$

em que
F = fator de espalhamento;
D = diâmetro-limite de cada classe de tamanho da mancha (µm).

Além do valor de CH, determinou-se o AR. Este valor indica, segundo CUNHA, (2003a), a homogeneidade do tamanho de gotas, dado pela equação 5.

3.2. Critérios para o controle de plantas daninhas, visando à redução da contaminação ambiental

3.2.1. Parâmetros da tecnologia de aplicação para redução da contaminação do aplicadore do ambiente

Para o estabelecimento de critérios que visam à redução da contaminaçãodo aplicador e do ambiente pelo *glyphosate*, foram determinados três parâmetros: a porcentagem de volume de gotas pulverizadas com diâmetro menor que 200 µm (essas gotas sofrem mais intensamente a ação de fenômenos meteorológicos, segundo Murphy *et al*. (2000)), a porcentagem de gotas com diâmetro maior de 600µm e a distância de deposição das gotas pulverizadas.

3.2.2. Porcentagem de volume acumulado de pulverização com gotas de diâmetro menor que 100, 150, 200, 400 e 600 µm

Pulverizou-se água sobre quatro alvos estáticos (etiquetas de papel hidrossensível) e, imediatamente após, suas imagens foram digitalizadas e analisadas com auxílio do programa *Image Tool*.

Após análise no *Image Tool*, os dados foram processados, utilizando-se planilha eletrônica. Foi então calculado o volume de uma gota específica por meio da equação 7:

$$V = \frac{\pi * DR^3}{6} \quad (7)$$

em que
V = volume da gota específica (μ^3);
DR = Diâmetro da gota (µm).

De posse dos valores, foi possível determinar o valor de volume acumulado, também para cada gota individualmente, por meio da equação 8:

$$\%V = \frac{V * 100}{\sum V} + (V - 1) \quad (8)$$

em que
%V = porcentagem do volume acumulado (%);
V = volume da gota específica (μ^3).

Obtiveram-se, dessa forma, as médias de porcentagem do volume acumulado, abaixo do qual se encontram gotas com diâmetro menores de 100, 150, 200, 400 e 600.

3.2.3. Estimativa da deriva de gotas pulverizadas em função da altura de lançamento e velocidade do vento

A distância de deposição das gotas foi determinada por meio das fórmulas matemáticas 9 e 10. Primeiramente, foram determinadas as distâncias de deposição para diâmetros de gotas predeterminados (50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750 800, 850, 900, 950 e 1000 μm), em função de três diferentes alturas de lançamento (0,30, 0,40 e 0,50 m) e velocidades do vento (V_h) de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; e 3,5; m s^{-1}, de acordo com a metodologia de Cunha (2008), utilizando-se a equação 9:

$$X = Y\,\frac{V_h}{V_t} \tag{9}$$

em que
X = distância de deposição, (m);
Y = altura de queda da gota, (m);
v_h = velocidade do vento, m s^{-1};
v_t = velocidade terminal da gota, m s^{-1}.

A determinação da velocidade terminal da gota foi realizada por meio da equação 10, apresentada por Cunha (2008), com base na equação de Bird *et al*. (1960):

$$V_t = \left[\frac{0{,}072^5\left(\rho_g - \rho_f\right)^5 g^5 d_g^8}{\rho_f^2 \mu^3}\right]^{1/7} \tag{10}$$

em que
ρ_g = massa específica da gota, (kg m^{-3});
ρ_f = massa específica do ar, (kg m^{-3});
g = aceleração da gravidade, (m s^{-2});
d_g = diâmetro da gota, (m);
μ = viscosidade absoluta do ar, (kg m^{-1} s^{-1}).

Os dados de entrada inicialmente considerados para a determinação da velocidade terminal estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores admitidos para o cálculo da distância de deposição teórica de gotas com diâmetro conhecido, a 20°C

Parâmetros	Valores
Massa específica da gota, ρ_g	$1,0 \times 10^{3}$ kg m^{-3}
Massa específica do ar, ρ_f	1,2 kg m^{-3}
Viscosidade do ar, μ	$1,8 \times 10^{-5}$ kg m^{-1} s^{-1}
Gravidade, g	9,8 m s^{-2}

Fonte- Cunha (2008).

Os valores de distância de deposição foram confrontados com aqueles obtidos por meio do programa computacional *DRIFTSIM*, que estima a distância de deposição de gotas em função da altura de queda, temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do vento (ZHU *et al*.,1995).

3.2.4. Estimativa da deriva de gotas, utilizando o programa computacional *DRIFTSIM*

Os valores de $D_{0,9}$ (diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 90% do volume), $D_{0,1}$ (diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 10% do volume) e $D_{0,5}$ (diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 50% do volume ou DMV) de cada um dos volumes pulverizados, 40, 90 e 165 L ha^{-1}, foram inseridos no *software DRIFTSIM*. Esse programa computacional permitiu a determinação das distâncias de deposição das gotas em função da velocidade do vento e da altura de queda das gotas. A temperatura e a umidade do ar, consideradas para as simulações, foram 28 °C e 65%, respectivamente (CUNHA, 2008). As velocidades do vento consideradas foram 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, e 5,0 m s^{-1} com altura de queda de 0,3, 0,4 e 0,5 m.

3.2.5. Deposição do líquido pulverizado, efetuado pelo método da espectrofotometria

Em vasos plásticos com capacidade para 3,5 L de solo cada um, foram cultivadas 5 plantas de *B. decumbens*por vaso,até atingirem a altura de 0,35 e 4 perfilhos. Neste estádio foram realizadas as pulverizações.

Para cada volume de aplicação, foi preparada a calda, adicionando-se três gramas de um traçador (corante alimentício Azul Brilhante FDC-1) por litro de água destilada, para se determinar a deposição da calda de pulverização.

As aplicações foram realizadas, utilizando-se um pulverizador centrífugo, montado num sistema de trilho autodeslizante, o motor foi acionado para trabalhar nas velocidades de 1,5; 3,0 e 6,0 Km h^{-1}, o bocal centrífugo foi programado para trabalhar nas rotações de 210 e 315 rad s^{-1}. Nessas configurações, foi possível a pulverização dos volumes de calda de 40, 90 e 165 L ha^{-1}.

Durante as aplicações, quatro 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.

Imediatamente após as aplicações, procedeu-se à coleta das plantas. Com uma tesoura, cortaram-se as cinco plantas de cada vaso, totalizando 20 plantas por tratamento. Essas plantas foram coletadas individualmente, com o uso de pinças, e acondicionadas em recipientes plásticos devidamente identificados, com o objetivo de recuperar o corante depositado durante as suas respectivas aplicações.

Em laboratório, as plantas foram lavadas com 100 mL de água destilada. Esses recipientes foram fechados e agitados durante um período de 30 s. A solução resultante da lavagem de cada planta foi analisada em espectrofotômetro, para registrar a absorbância na faixa de detecção do *FD&C Blue* n.1 (630 nm), seguindo a metodologia de Palladini (2000). Os dados de absorbância foram ajustados e transformados em mg L^{-1}, de acordo com o coeficiente angular da curva-padrão. As concentrações em mg L^{-1} foram transformadas em volume, por meio da equação 11.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \qquad (11)$$

em que
C_1 = concentração inicial na calda de aplicação (mg L^{-1});
V_1= volume retido pelo alvo (mL);
C_2 = concentração detectada em densidade óptica (mg L^{-1});
V_2 = volume de diluição da amostra de cada planta (mL).

Os resultados foram multiplicados por 1000, para que se obtivesse o volume em µL de corante alimentício por planta. Esse valor foi dividido pela biomassa seca, com a finalidade de se obterem os resultados de deposição em µL g^{-1} de biomassa seca.

Para avaliar a quantidade de produto que atingiu o solo, tampas plásticas (Figura 6) com área de 14,05 cm^2 foram utilizadas como alvos não biológicos e colocadas em cada parcela experimental. As tampas plásticas foram distribuídas antes da pulverização, sendo colocadas embaixo das plantas, segundo metodologia descrita por Soares Filho (2008).

Figura 6. Disposição de tampas plásticas para avaliação de deposição sobre o solo.

O mesmo procedimento de coleta foi adotado para as tampas plásticas. Elas foram retiradas dos vasos e acondicionadas em recipientes plásticos devidamente identificados. Também, em laboratório, as tampas plásticas foram lavadas com 100 mL de água destilada. Esses recipientes foram fechados e agitados durante um período de 30 s. A solução resultante da lavagem de cada uma das tampas foi analisada em espectrofotômetro para registrar a absorbância na faixa de detecção do *FD&C Blue* n.1 (630 nm).

Após a lavagem, as plantas foram colocadas em sacos de papel etiquetados e levadas para uma estufa de ventilação forçada, para secagem, à temperatura de 70 ± 1º C. Após 72 horas, as plantas foram retiradas e pesadas para a determinação da biomassa seca.

3.2.6. Avaliação da tolerância de *B. decumbens* ao *glyphosate*

Para uniformização do estande, inicialmente, as sementes foram colocadas para germinar em caixas plásticas com areia.

Após a germinação, quatro plantas foram transferidas para cada vaso plástico com capacidade de 3,5 L, preenchido com solo e mantido em casa de vegetação.

A irrigação dos vasos foi realizada por meio de microaspersão. O sistema foi controlado por um painel digital, modelo MT-530, da FullGauge.

Quando as plantas de *B. dec*umbens atingiram altura média de 0,35 m, fez-se a aplicação do *glyphosate*, de acordo com os diferentes tratamentos, conforme Tabela 5.

As pulverizações foram realizadas por meio de um bocal centrífugo com disco horizontal cônico, medindo 0,08 m de diâmetro e com bordas serrilhadas.

Foram aplicados três volumes de calda: 40, 90 e 165 L ha^{-1}. A aplicação desses volumes foi possível graças à combinação de três velocidades de trabalho do sistema de pulverização e duas rotações do bocal centrífugo.

As velocidades utilizadas foram 1,5; 3,0 e 6,0 Km h^{-1}, obtidas com a utilização de um inversor de frequência, programado para acionar o motor da barra autodeslizante, nas frequências de 14, 28 e 56 Hz.

O pulverizador centrífugo foi acionado nas rotações e velocidades de trabalho necessárias para aplicação dos volumes de 40, 90 e 165 L ha^{-1}. As pulverizações foram realizadas com o bocal centrífugo a uma altura de 0,50 m do alvo (folha mais alta da planta disposta em vaso). Foi utilizado o herbicida *glyphosate* (sal de isopropilamina) na formulação CS (concentrado solúvel) e 360 g L^{-1} de *glyphosate*, nas doses 180; 360; 720; e 1080 g de equivalente ácido (e.a.) ha^{-1}.

Tabela 5. Tratamentos para avaliação da tolerância de *B. decumbens* ao *glyphosate*

Volume de pulverização (L ha^{-1})	Doses (g de e.a.ha^{-1})			
40	180	360	720	1080
90	180	360	720	1080
165	180	360	720	1080

Durante as aplicações, quatro 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 7).

Figura 7. Disposição dos vasos para aplicação do herbicida *glyphosate*.

Após as aplicações, os vasos retornaram à casa de vegetação e a irrigação foi realizada, novamente, oito horas após as aplicações, por meio de microaspersão.

Aos 7, 14 e 26 dias após a aplicação (DAA), fez-se a devida avaliação da intoxicação das plantas de *B. decumbens*.

Foram atribuídas notas percentuais de toxicidade em relação à testemunha, de acordo com a escala percentual de controle, proposta pela *AsociaciónLatinoamericana de Malezas (ALAM,* 1974), conforme Tabela 6.

Tabela 6. Escala de avaliação visual proposta pela *AsociaciónLatinoamericana de Malezas, ALAM* (1974)

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 AsociaciónLatinoamericana de Malezas – ALAM (1974).

3.2.7. Delineamento Estatístico

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

As médias foram analisadas pelo teste Tukey a 5%.

4. Resultados e discussão

Os valores do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) são parâmetros importantes a serem observados durante as pulverizações. Os valores obtidos nas pulverizações de três volumes de pulverização (40, 90 e 165 L ha^{-1}) são apresentados no Quadro 1.

Não houve diferença estatística entre os valores de DMV, para os volumes de pulverização de 40 e 90 L ha^{-1}, e ambos os valores foram estatisticamente diferentes e menores que o valor de DMV para o volume de pulverização de 165 L ha^{-1}.

Considerando os valores de DMV de 275,83 a 299,01 µm, respectivamente, nas aplicações de 40 e 90 L ha^{-1}, as operações são classificadas como de pulverização média, característica de pulverizadores hidráulicos (CARRERO, 1996).

Quadro 1. Médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) em função de três diferentes vazões

Volume de pulverização (L ha^{-1})	DMV (µm)*	DMN (µm)*	CH
40	275,83b	149,07	2,05b
90	299,01b	167,28	1,96b
165	675,35a	136,50	6,35a

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

O aumento do volume de pulverização gera o aumento do diâmetro de gotas. Assim como gotas com diâmetros menores que 100µm não são recomendadas, por causa da maior possibilidade de arraste pelo vento, não se recomenda a pulverização de gotas com diâmetro acima de 500 µm. Nessa situação, gotas com diâmetro acima de 800 µm são frequentemente encontradas, elevando o risco de coalescimento das gotas e perda de parte do volume pulverizado para o solo (TEIXEIRA, 1997).

Consideram-se homogêneas as pulverizações cujos valores de CH são menores que 1,4 (FERREIRA & MACHADO, 2007). Um tipo de pulverização ideal seria aquele em que o valor de CH fosse um, este valor significa que todas as gotas pulverizadas têm o mesmo diâmetro.

Os valores de coeficiente de homogeneidade para os volumes de aplicação de 40 e 90 Lha^{-1} não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores de CH, nas pulverizações de 40 L ha^{-1} (2,05) e 90 L ha^{-1} (1,96), são semelhantes aos apresentados por pontas do tipo leque, largamente usadas nas pulverizações de herbicidas. Segundo Carrero (1996), esse tipo de ponta possui valores de CH entre 2 e 5.

Segundo classificação da ASABE, gotas com valores de DMV menores que 100 µm sofrem maior influência do vento. Os valores apresentados no Quadro 1 indicam, teoricamente, uma reduzida possibilidade de perdas por deriva e volatilização e são, portanto, ideais para a pulverização de herbicidas pós-emergentes e sistêmicos, como o *glyphosate*.

Os valores de densidade de gotas e de porcentagem de cobertura são apresentados no Quadro 2. Não houve diferença estatística para o fator densidade de gotas, entre os volumes de pulverização de 40 e 90 L ha^{-1}. A maior densidade de gotas foi observada quando se aplicou o volume de 165 L ha^{-1}. (Quadro 2).

Os valores de densidade de gotas por área superam os valores mínimos recomendados para herbicidas sistêmicos (30-40 gotas cm^{-2})(CHRISTOFOLETTI, 1997).

Quadro 2. Densidade de gotas e cobertura do alvo, proporcionados por diferentes volumes de pulverização

Volume de pulverização (L ha^{-1})	**Densidade de Gotas* (gotas cm^{-2})**	**Cobertura (%)**
40	58,23b	6,46 b
90	53,11b	7,77 b
165	121,50a	31,19 a

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

Um dos fatores que influenciam o controle das plantas daninhas é a arquitetura da planta; folhas de espécies monocotiledôneas são estreitas e dispostas verticalmente; por outro lado, folhas de espécies dicotiledôneas são largas e dispostas horizontalmente. Esses dois fatores são fundamentais para retenção de herbicidas sistêmicos.

Levando-se em conta o tamanho e disposição das folhas de *B. decumbens*, o fator densidade de gotas é determinante para seu controle. Considerando-se o fator densidade isoladamente, os volumes de pulverização utilizados mostraram-se satisfatórios para o controle da espécie.

Durante a aplicação de 40 L $ha^{-1,}$ a velocidade de trabalho foi de 6,0 Km $h^{-1,}$ com rotação do bocal centrífugo de 315 rad s^{-1}. Para aplicar 165 L $ha^{-1,}$ a velocidade de trabalho do sistema foi reduzida para 1,5 Km h^{-1}, também com rotação do bocal de 315 rad s^{-1}. A menor velocidade de trabalho do sistema permitiu ao bocal pulverizador ficar por tempo maior sobre o alvo, gerando, desta forma, maior deposição de gotas sobre ele, o que explica o maior valor de porcentagem de cobertura quando foram pulverizados 165 L ha^{-1}.

Valores de porcentagem de cobertura muito altos indicam tendência ao escorrimento de produto, por coalescimento de várias gotas menores que, unidas, dão origem a gotas de maior diâmetro e maior peso, que ultrapassam a capacidade de retenção das gotas. Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100 µm são facilmente carregadas pelo vento (MURPHY *et al*., 2000; SUMNER, 1997; WOLF, 2000).

O Quadro 3 apresenta os valores de porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100, 150, 200, 400 e 600 µm, para volumes de pulverização de 40, 90 e 165 L ha^{-1}. A interpretação desses dados permite que se estime o potencial de deriva da aplicação. Quanto menor essa porcentagem, menor o risco de deriva do agrotóxico durante uma aplicação.

Quadro 3. Porcentagem de volume acumulado composto por gotas com diâmetro inferior a 100, 150, 200, 400 e 600 m em diferentes volumes

Volume de pulverização (L ha^{-1})	**% Volume acumulado de gotas < 100 m***	**% Volume acumulado de gotas < 150 m**	**% Volume acumulado de gotas < 200 m**	**% Volume acumulado de gotas < 400 m**	**% Volume acumulado de gotas < 600 m**
40	1,51	8,35 a	20,87 b	89,02 a	-
90	1,19	7,23 a	29,14 a	78,25 a	-
165	0,56	2,04 b	3,87 c	19,09 b	44,29

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve significância no teste F. O sinal (-) indica que não houve dados relacionados com o parâmetro.

Para os três volumes pulverizados, não se observou diferença estatística significativa entre os valores de porcentagem de volume pulverizado, composto por gotas com diâmetro inferior a 100 µm, indicando a possibilidade de perda, em quantidades semelhantes, de produto para o ambiente nesse caso específico.

Para Etheridge*et. al*. (1999) maior rigor deve-se ter quando se analisa o diâmetro das gotas, principalmente nas aplicações de produtos sistêmicos. Os autores afirmam que gotas com diâmetro abaixo de 200 µm são as mais susceptíveis à deriva.

Considerando os resultados do Quadro 3, para um volume de pulverização de 40 L ha^{-1}, 8,34 L de calda são perdidos por causa da deriva. Já, para um volume pulverizado de 90 L ha^{-1}, infere-se que, para as condições deste experimento, 26,22 L de calda são perdidos.

Os resultados evidenciam a constante atenção que deve ser dada às pulverizações com diâmetros reduzidos de gotas. Para aplicação de *glyphosate* a atenção deve ser maior, por se tratar de um herbicida não seletivo. Um número considerável de trabalhos demostra os danos causados pela deriva desse herbicida (AL-KHATIB *et al*., 2003, DEEDS *et al*., 2006, ROIDER *et al*., 2008) e os males causados não só ao ambiente, mas também ao aplicador.

Com o aumento do volume de pulverização, há o aumento do diâmetro de gotas. Nas situações avaliadas, esta afirmativa é facilmente corroborada quando se analisa o volume de pulverização de 165 L ha^{-1}. Percebe-se que há um reduzido volume de gotas com diâmetros menores que 200 µm.

Analisando-se o Quadro 3, é possível observar que mais da metade (55,71%) do volume de pulverização é compreendido por gotas de diâmetro acima de 400 µm, portanto, a possibilidade de sofrerem influência da deriva é reduzida. Por outro lado, a possibilidade de contaminação ambiental aumenta, por causa do escorrimento de produto pulverizado para o solo.

Para a aplicação de herbicidas de contato, exige-se um molhamento total do alvo. No caso de pulverizações de produtos sistêmicos não há essa exigência. A pulverização de gotas com diâmetro de 400 µm é considerada do tipo grossa, por Carrero (1996). Diâmetros de gotas acima desse valor são considerados ideais para a pulverização de herbicidas sistêmicos como *glyphosate*, pois a deposição é garantida e o arraste pelo vento é reduzido.

Observa-se, pelo Quadro 3, que,para um volume de 40 L ha^{-1}, 89,02 % do volume pulverizado é composto por gotas com diâmetro inferior a 400 µm, não diferindo estatisticamente do valor obtido quando foram pulverizados 90 L ha^{-1}.

Para pulverizações de 40 e 90 L ha^{-1} não se verificou a presença de gotas com diâmetro igual ou maior que 600 µm. Segundo Cunha (2003b), valores de diâmetro de gotas maiores que 500 µm sugerem problemas de escorrimento por coalescimento das gotas, que, comumente, ocorrem com gotas maiores que 800 µm.

Encontram-se, no Quadro 4, os valores de diâmetros médios dos volumes acumulados de 10, 50 e 90% e os valores de amplitude relativa. Para a caracterização da pulverização, os valores de amplitude relativa (AR) e DMV devem ser tomados conjuntamente. Os valores de DMV analisados isoladamende funcionam, apenas, como um valor de referência, não indicando a dispersão dos dados em torno desse valor.

O valor de AR expressa a uniformidade das gotas. Espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa, tendendo a zero. Então, quanto maior o valor da amplitude relativa, maior será a faixa de tamanho das gotas.

Quadro 4. Distribuição volumétrica por classe de tamanho e amplitude relativa de gotas pulverizadas em diferentes volumes de pulverização

Volume de pulverização (L ha^{-1})	$Dv_{0,1}$	$Dv_{0,5}$	$Dv_{0,9}$	AR
40	156,88 b	275,83 b	408,19 b	0,91
90	170,39 b	299,01 b	500,43 b	1,1
165	293,81 a	675,35 a	1136,01 a	1,24

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

Não houve diferença estatística para os valores de $D_{v0,1}$ para os volumes de 40, os volumes de pulverização de 40 e 90 L ha^{-1}, apresentando somente diferença quando comparados com o volume de 165 L ha^{-1}.

O valor de $D_{v0,9}$, igual a 1136,01 µm, observado na pulverização de 165 L $ha^{-1,}$ pode ser explicado pela proximidade entre as gotas pulverizadas, ou seja, o programa computacional *Image Tool* não foi capaz de distinguir o diâmetro de gotas individuais quando estas se encontravam próximas umas das outras. Esta proximidade de gotas deu-se pela reduzida velocidade de trabalho do sistema centrífugo, permitindo um maior depósito de gotas sobre o alvo. Assim, o programa computacional analisou a presença de várias gotas unidas como sendo uma única gota. Revelando assim possível falha do programa para este tipo de análise.

A análise estatística realizada para avaliação dos dados de amplitude relativa (AR) não indicou diferença estatística entre os valores de médias para os volumes utilizados. Os

valores de amplitude relativa não foram muito altos, indicando que, para as diferentes situações do experimento, as pulverizações foram de gotas com diâmetro homogêneo.

Quanto maior o valor da amplitude relativa (SPAN), maior será a faixa de tamanho das gotas pulverizadas. Espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa, tendendo a zero.

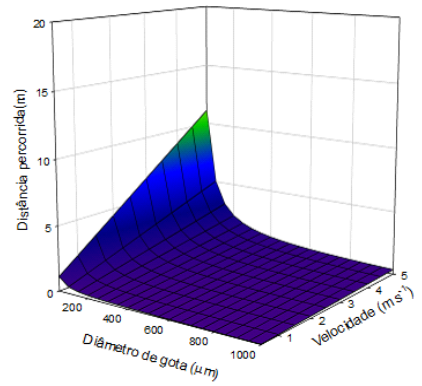
4.1. Distância de deposição de gotas em função da altura de lançamento e velocidade do vento, utilizando-se de expressão matemática

Na Figura 11, é apresentado o resultado de distância de deposição em função da velocidade do vento (0,5 a 5,0 m s^{-1}) e da altura de queda das gotas (0,3; 0,4 e 0,5 m).

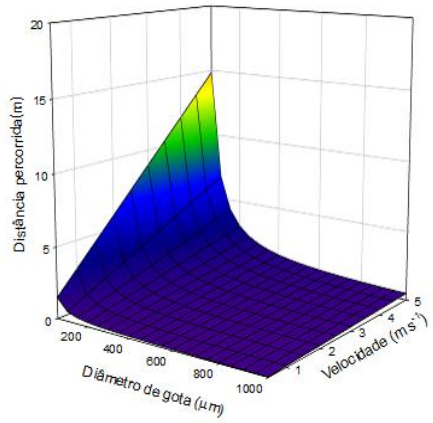
Utilizando-se de expressão matemática foi perfeitamente possível determinar a distância máxima de deposição das gotas pulverizadas, o mesmo procedimento utilizado por Cunha (2003a) para avaliação de deriva de gotas na pulverização do feijoeiro.

A base teórica de programas computacionais como o *FLUENT*, voltados para a predição de distâncias de deposição, são as expressões matemáticas clássicas, baseadas na mecânica de fluidos.

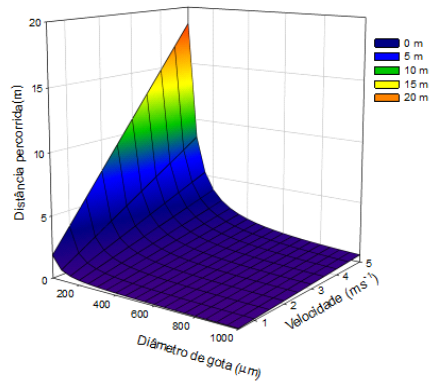
Observando-se a Figura 8, percebe-se que a altura de lançamento das gotas é um fator importante a ser considerado na pulverização de *glyphosate*. Portanto, a altura da barra porta-bicos é um dos fatores a serem considerados durante as pulverizações, principalmente, durante as pulverizações de *glyphosat*e, por se tratar de herbicida não seletivo.



(a)



(b)



(c)

Figura 8. Distância de deposição de gotas em função da altura de lançamento 0,3m (a), 0,4m (b) e 0,5 m (c) e velocidade de vento.

Segundo Ferreira *et al*. (2007), a baixa altura da barra causa a desuniformidade na aplicação, podendo-se observar falhas na aplicação e, consequentemente, no controle de plantas daninhas.

Apesar de não se recomendar trabalhar com altura reduzida da barra, observa-se, pela Figura 8, que essa configuração é a que menos sofre a ação do vento e, consequentemente, menor deriva.

As recomendações de pulverização baseiam-se na altura da barra porta- bicos de 0,5m. Por meio das simulações, observou-se que a ação do vento é mais forte quando a barra porta- bicos encontra-se nessa posição.

A Figura 8 mostra que, principalmente, gotas de menor diâmetro são mais influenciadas pela altura da barra de pulverização, sendo fortemente arrastadas pelo vento.

Segundo a ANDEF (2004), a velocidade de vento ideal para pulverizações encontra-se na faixa entre 3,2 e 6,5 km h^{-1}, em que o vento é descrito como brisa leve, sendo visível a oscilação das folhas. O aplicador percebe uma leve brisa na face.

Utilizando a metodologia proposta verifica-se que, para a faixa de diâmetro de gotas de 50 µm, lançadas da altura de 0,5 m e velocidade do vento máxima de 5 m s^{-1}, a maior distância de deposição foi de 18,55 m, para uma temperatura de 20 °C.

A menor distância ocorreu na situação de gotas com 1000 µm e velocidade do vento de 0,5 m s^{-1}, lançadas a 0,3 m de altura. Nesta situação, a distância teórica de deposição foi de 0,04 m.

Considerando as recentes recomendações de pontas para aplicação de *glyphosate*, a simulação mostrou-se uma ferramenta útil para previsão de deriva. Considerando as característica das pontas LA-1JC e SR-1, em diversas condições operacionais, Viana *et al*. (2007) concluíram pela recomendação dessas pontas para aplicação de *glyphosat*e em eucalipto e café. As gotas produzidas por essas pontas podem ser classificadas como extremamente grossas. Trabalhando na pressão de 300 kPa, as pontas apresentaram valores de DMV, respectivamente, iguais a 677 e 658 µm.

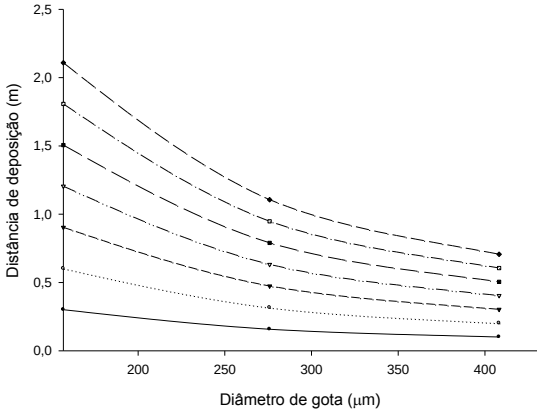
Interpolando o respectivo valor de DMV (677 µm) da ponta LA-1JC, prevê-se que, em uma situação em que a velocidade do vento for de 0,5 m s^{-1} e altura de trabalho da barra de 0,3 m, a distância de deposição teórica das gotas será de 0,06 m. De outra forma, quando a altura da barra for de 0,5 m e velocidade do vento de 5 m s^{-1}as gotas pulverizadas serão

teoricamente depositadas a 0,09 m do ponto de lançamento. Portanto, a utilização de pontas que produzam gotas classificadas como grossas ou extremamente grossas é recomendada na pulverização do *glyphosate*.

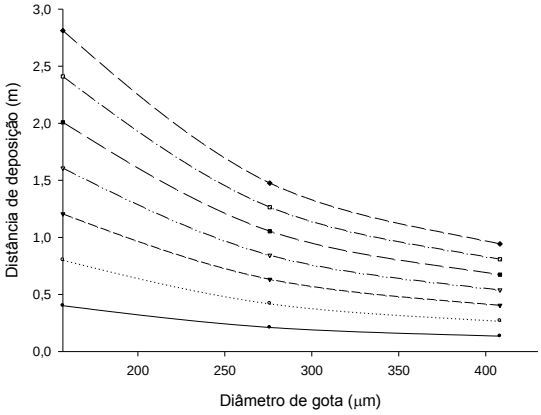
As Figuras 9, 10 e 11 representam as distâncias de deposição teórica das gotas, considerando os valores de $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ e $Dv_{0,9}$ para o volumes de pulverização de 40, 90 e 165 L ha^{-1}, respectivamente.

AsFigura 9a representa volume de pulverização de 40 L ha^{-1} e altura de queda de 0,3 m; a Figura 9b, o volume de pulverização de 40 L ha^{-1} e altura de queda de 0,4 m; para uma altura de queda de 0,5 m e volume de pulverização de 40 L ha^{-1} a distância de deposição é apresentada na Figura 9c. A Figura 10a apresenta as distâncias de deposição quando o volume de pulverização foi de 90 L ha^{-1} e a altura de queda de 0,3 m. A Figura 10b representa distâncias de deposição quando pulverizaram-se 90 L ha^{-1} e a altura de queda foi de 0,4 m; para o mesmo volume de pulverização (90 L ha^{-1}) e altura de queda de 0,5 m, a distância de queda é apresentada na Figura 10c. Na Figura 11a, o volume de pulverização de 165 L ha^{-1} e altura de queda de 0,3 m são representados com as respectivas distâncias de deposição; a Figura 11b apresenta a distância de deposição para o volume de pulverização de 165 L ha^{-1} e altura de queda de 0,4 m e a Figura 11c as distâncias para um volume de pulverização de 165 L ha^{-1} e altura de queda de 0,5 m

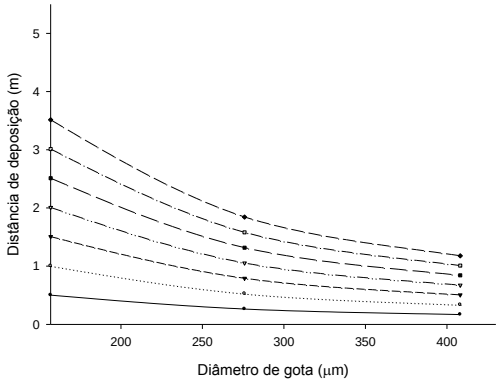
A pulverização de 40 L ha^{-1} demonstrou ser a mais complexa, principalmente quando a altura simulada da barra e a velocidade do vento foram de 0,5 m e 5 m $s^{-1,}$ respectivamente. Nessa situação, o diâmetro da mediana volumétrica foi de 275,82 µm e a máxima distância teórica de deposição foi de 2,63 m. (Figura 9c). Para volume de 165 L ha^{-1} ’ o valor de diâmetro da mediana volumétrica foi de 675,35 µm; considerando-se altura de barra de 0,5 m e velocidade do vento de 5 m s^{-1}, a distância de deposição teórica foi menor 0,95 m, evidenciando que gotas de maior diâmetro são menos propensas à ação do vento.



(a)

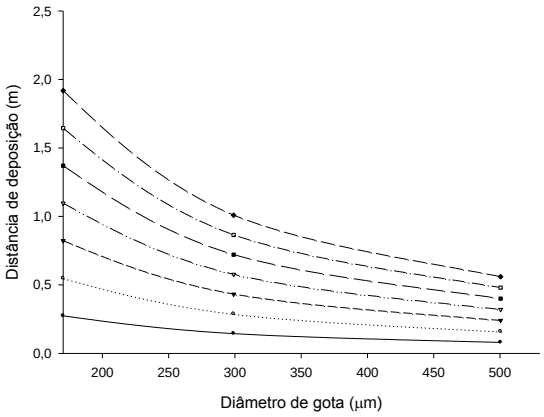


(b)

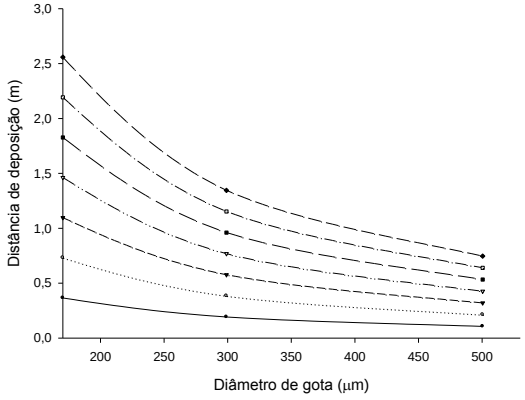


(c)

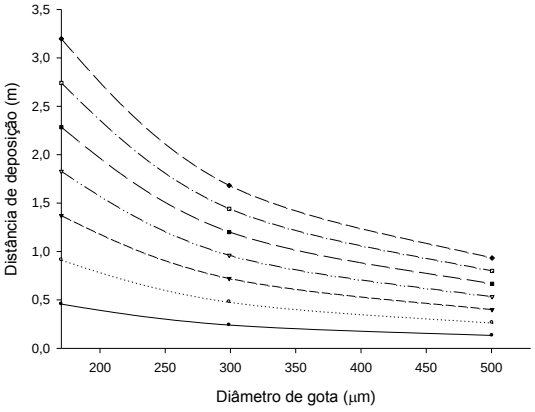
Figura 9. Distância teórica de deposição em função do volume de pulverização (40 L ha^{-1}) e altura de lançamento em sete diferentes velocidades de vento lateral (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 m s^{-1}).



(a)

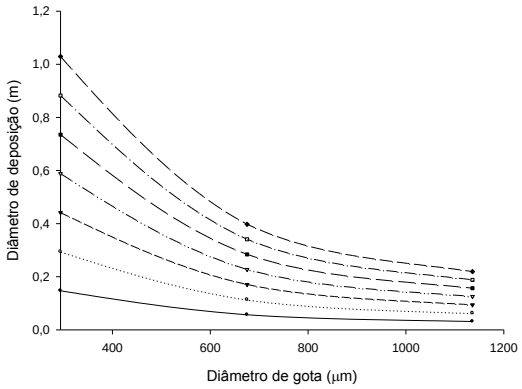


(b)

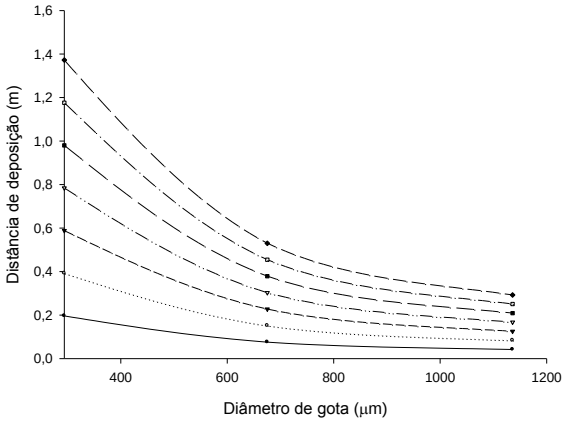


(c)

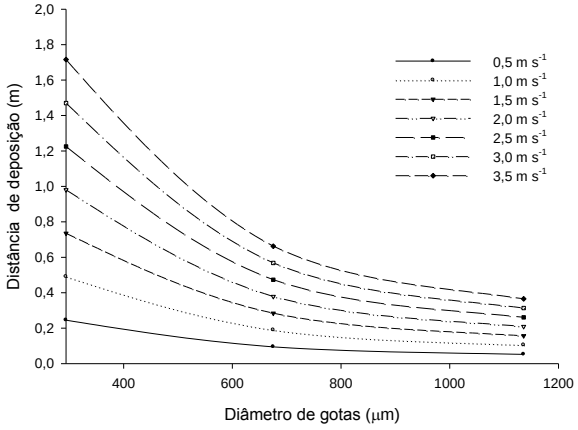
Figura 10. Distância teórica de deposição em função do volume de pulverização (90 L ha^{-1}) e altura de lançamento emsete diferentes velocidades de vento lateral (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 m s^{-1}).



(a)



(b)



(c)

Figura 11. Distância teórica de deposição em função do volume de pulverização(165 L ha^{-1}) e altura de lançamento emsete diferentes velocidades de vento lateral (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 m s^{-1}).

4.2. Distância de deposição de gotas em função da altura de lançamento e velocidade do vento, utilizando o programa computacional DRIFTSIM

Utilizando-se expressão matemática, observou-se que as maiores distâncias de deposição teóricas das gotas ocorreram para altura de lançamento de 0,5 m.

Em virtude desta constatação, os dados apresentados nos quadros 5, 6 e 7 correspondem às simulações realizadas, no programa *DRIFTSIM*, somente para volumes de pulverização de 40, 90 e 165 L ha^{-1}.

As simulações foram realizadas para velocidades do vento de 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5 e 5,0 m $s^{-1.}$ Foram considerados, também, os valores $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ e $Dv_{0,9}$ para o volumes de pulverização de 40, 90 e 165 L ha^{-1}.

Quadro 5. Distância de deposição de gota em função da velocidade do vento e altura da barra porta- bicos a 0,50 m de altura, com volume de pulverização de 40 L ha^{-1}

Classe de tamanho	Faixa de diâmetro (µm)	Porção do volume (%)	Distância de deposição de gotas(m)						
			Velocidade do vento (m s^{-1})						
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
1	39-118	0,01	1,63	3,24	4,78	6,36	7,88	9,37	10,92
2	118-196	0,09	0,15	0,30	0,46	0,61	0,77	0,91	1,03
3	196-229	0,16	0,03	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20
4	229-265	0,13	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12
5	265-300	0,14	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08
6	300-336	0,13	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
7	336-372	0,11	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
8	372-408	0,09	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
9	408-444	0,14	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

Quadro 6. Distância de deposição de gota em função da velocidade do vento e altura da barra porta-bicos a 0,50 m de altura com volume de pulverização de 90 L $ha^{-1.}$

Classe de tamanho	Faixa de diâmetro (µm)	Porção do volume (%)	Distância de deposição de gotas(m)						
			Velocidade do vento (m s^{-1})						
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
1	43-128	0,00	1,13	2,25	3,39	4,52	5,56	6,78	7,93
2	128-213	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
3	213-265	0,20	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13
4	265-312	0,17	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08
5	312-359	0,14	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
6	259-406	0,12	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
7	406-453	0,09	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
8	453-500	0,06	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
9	500-548	0,12	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Quadro 7. Distância de deposição de gota em função da velocidade do vento e altura da barra porta- bicos a 0,50 m de altura com volume de pulverização de 165 L ha^{-1}

Classe de tamanho	Faixa de diâmetro (µm)	Porção do volume (%)	Distância de deposição de gotas(m)						
			Velocidade do vento (m s^{-1})						
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
1	73-220	0,02	0,21	0,41	0,62	0,83	1,03	1,24	1,44
2	220-367	0,08	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
3	367-534	0,15	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
4	534-655	0,16	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
5	655-775	0,13	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6	775-895	0,12	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7	895-1016	0,11	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01
8	1016-1136	0,09	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01
9	1136-1256	0,14	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01

Nos Quadros 5, 6 e 7 são apresentados os resultados de distâncias de deposição teóricas de gotas, para nove classes de tamanho, determinados em função do espectro de gotas, para os volume de pulverização de 40 L ha^{-1}, 90 L ha^{-1} e 165 L ha^{-1}.

De forma geral, o diâmetro de gotas, a velocidade do vento e o volume pulverizado foram os fatores que influenciaram a distância de deposição. A redução do tamanho das gotas diminui a velocidade de queda, aumentando o tempo de permanência na atmosfera e aumentando a susceptibilidade à evaporação e mudanças de trajetória.

Uma característica geralmente observada quando se utiliza baixo volume de pulverização é o diâmetro reduzido das gotas, fortemente influenciadas pela ação do vento, principalmente aquelas com diâmetro inferior a 100 µm.

Os valores apresentados no Quadro 5, referentes ao volume de pulverização de 40 L ha^{-1}, demonstram essa influência; gotas com diâmetro entre 39 e 117 µm foram as que apresentaram maior probabilidade de deriva, sendo depositadas a 1,63 m do ponto de lançamento, para menor velocidade do vento (0,5 m s^{-1}). Para velocidade do vento de 3,5 m s^{-1} a distância de deposição aumentou para 10,92 m.

Para uma pulverização de 165 L ha^{-1} (Quadro 7), considerando as mesmas condições 0,5 e 3,5 m s^{-1}, as distâncias prováveis de deposição foram de 0,21 e 1,44 m respectivamente.

Considerando o diâmetro da mediana volumétrica das pulverizações (275,83, 299,01 e 675,35 µm) para os respectivos volumes de pulverização (40, 90 e 165 L ha^{-1}) a maior distância de deposição ocorreu quando foram pulverizados 40 L ha^{-1}. Considerando a recomendação da ANDEF (2004) vento a 3 km h^{-1} a distância teórica percorrida pelas gotas foi de 0,07 m. (Quadro 5).

Por outro lado, quando foram pulverizados 165 L ha^{-1}, o diâmetro da mediana volumétrica foi de 675,35 µm. Na mesma situação, considerando-se velocidade do vento de 3 m s^{-1}, a distância teórica percorrida pela gota foi de 0,01 m, também classificada como de classe 5(Quadro 7).

As simulações feitas demostraram que uma maior preocupação deve ser dada às aplicações de baixo volume de pulverização, por causa da grande porcentagem de gotas com diâmetro reduzido e propensas a ação do vento.

4.3. Eficácia de controle de B. decumbens em função do volume e dose de glyphosate pulverizado

4.3.1. Volume de deposição do corante FD&C Blue n.1 em função do volume de pulverização

São apresentados, no Quadro 8, os valores de deposição do corante azul brilhante (*FD&C Blue* n.1) sobre plantas de *B. decumbens* e alvos não biológicos (tampas plástica), em função dos volumes de pulverização de 40, 90 e 165 L ha^{-1}.

Não se verificou diferença estatística entre os valores de deposição de corante *FD&C Blue* n.1 para os volumes de pulverização de 40 e 90 Lha^{-1}, evidenciando-se que, para uma mesma dose de produto, não há diferença entre as quantidades resgatadas pelas plantas daninhas quando são pulverizados por 40 e 90 L ha^{-1}.

Diferença estatística somente foi observada quando foram confrontados os valores de deposição de 40 e 90 L ha^{-1} com os encontrados quando se pulverizaram 165 L ha^{-1}.

Para um volume de pulverização de 165 L ha^{-1}, a análise espectrofotométrica indicou um volume de 2682,64 µl de calda g^{-1}de massa seca, 29,1 e 37,33% menores que os volumes resgatados pelas plantas, quando se pulverizaram 40 e 90 L ha^{-1}, respectivamente (Quadro 8).

Quadro 8. Valores médios de deposição (µl de calda g^{-1}de massa seca) sobre*Brachiariadecumbens* e solo (µL cm^{-2}) em função de três volumes de pulverização

Volume de pulverização (L ha^{-1})	**Deposição (µL g^{-1}de massa seca)**	**Deposição (µL cm^{-2})**
40	3783,75a	1,0310 x 10^{-1}
90	4280,60a	1,0309 x 10^{-1}
165	2682,64b	1,0312 x 10^{-1}

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

O menor volume de corante *FD&C Blue* n.1 (2682,64 µl de calda g^{-1}de massa seca) resgatado, quando se pulverizaram 165 L $ha^{-1,}$ explica-se pela maior diluição do corante.

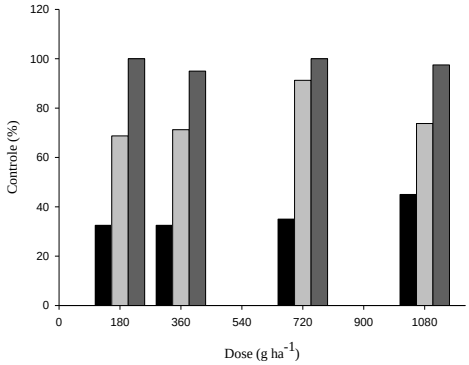
Não houve diferença quanto ao volume de pulverização depositada sobre o solo para os três volumes de pulverização estudados.

Para um volume de pulverização de 40 L ha^{-1}, a análise espectrométrica detectou um volume de pulverização depositado sobre o solo de 1,0310 x 10^{-1} µL cm^{-2}. Da mesma forma, para um volume de pulverização de 90 L ha^{-1}, a análise detectou um volume de pulverização depositado de 1,0309 x 10^{-1} µL cm^{-2}, para 165 L ha^{-1}, o volume foi de 1,0312 x 10^{-1} µL cm^{-2}, indicando reduzido escorrimento.

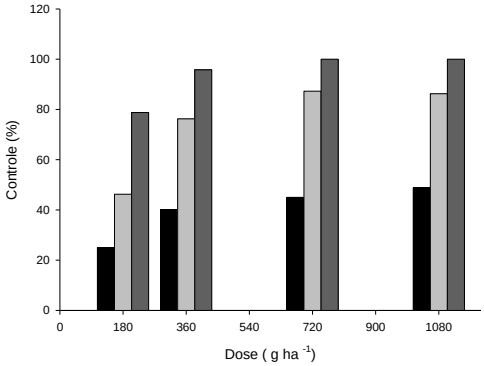
4.3.2. Tolerância de *B. decumbens* ao *glyphosat*e em função da dose e do volume pulverizado

Observa-se, na Figura 12, a evolução da porcentagem de toxicidade, proporcionado pelos diversos tratamentos às plantas de *B. decumbens*.

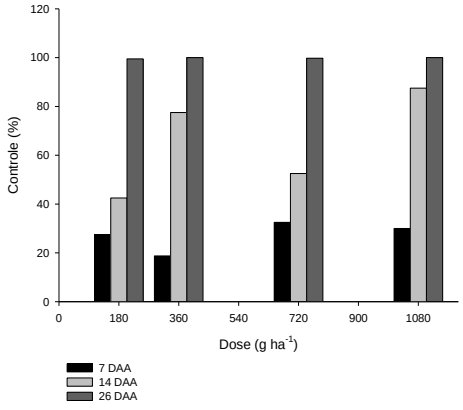
Para as avaliações realizadas aos sete DAA, todos os tratamentos, independentemente da dose, apresentaram em média controles inferiores a 49%, sendo considerados ruins (ALAM, 1974). Resultado semelhante foi o observado por Ruas (2007) também para controle de *B. decumbens*. Esse fato já era esperado, pois, plantas tratadas com *glyphosate* morrem lentamente.



(a)



(b)



(c)

Figura 12. Porcentagem de controle de *B. decumbens*, em função de doses e três volumes de pulverização 40 (a), 90 (b) e 165 L ha^{-1} (c).

Esse efeito deve-se 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. A planta perde a capacidade de sintetizar carboidrato (SHANER & BRIDGES, 2003).

A avaliação da fitoxicidade do *glyphosate*, realizada aos 14 DAA, apresentou, em média, controle de 71,25 %, considerado bom, de acordo com a ALAM, (1974). Para as avaliações realizadas aos 26 DAA, a porcentagem média de controle de *B. decumbens* foi de 97,21%, considerado ótimo (Figura 12).

Para um volume de calda de 40 L ha^{-1} e dose de 360 g de e.a.ha^{-1}, aos 14 dias o controle foi considerado bom e, para a dose de 720 g de e.a. ha^{-1}, o controle foi considerado ótimo. Para o volume comumente usado pelos produtores, 165 L ha^{-1}, o resultado foi considerado ruim, 52,50 %, para dosagem de 720 g de e.a. ha^{-1}, de acordo com o Quadro 9.

Quadro 9. Porcentagem de controle de *B. Decumbens*, proporcionado pelas doses de *glyphosate* aplicadas em diferentes volumes de calda

Volume de pulverização (L ha^{-1})	Dose (g ha^{-1})	Controle %		
		Dias após a aplicação		
		7	14	26
40	180,00	32,50	68,75	100,00
	360,00	32,50	71,25	95,00
	720,00	35,00	91,25	100,00
	1.080,00	45,00	73,75	97,50
90	180,00	25,00	46,25	78,75
	360,00	40,00	76,25	93,75
	720,00	45,00	87,25	100,00
	1.080,00	48,75	86,25	100,00
165	180,00	27,50	42,50	99,50
	360,00	18,78	77,50	100,00
	720,00	32,50	52,50	99,75
	1.080,00	30,00	87,50	100,00

Considerando-se a dosagem de 180 de e.a. ha^{-1}aos 14 DAA, para um volume de pulverização de 40 L $ha^{-1,}$ o controle observado foi de 68,75%, considerado regular. Já para a pulverização de 165 L $ha^{-1,}$ a porcentagem de controle foi de 42,50 %, considerada ruim para os padrões da ALAM (1974).

De acordo com Abi Saab *et al*. (2002), a atividade biológica de herbicidas sistêmicos sobre as folhas está relacionada com fatores concernentes à interação físico-química da formulação e a superfície da planta. Um importante aspecto dessa 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 eficiente será o controle.

Menores volumes de calda podem ter proporcionado maior controle, por causa da maior concentração do herbicida nas gotas de pulverização, depositadas sobre as superfícies das folhas. Esse fato pode favorecer a absorção do herbicida. Venturelli *et al*. (2006) verificaram aumento na mortalidade das plantas à medida que se aumentava a concentração.

No Quadro 10, são apresentados os valores médios de porcentagem de controle em função das doses e volumes pulverizados.

Para a avaliação realizada aos sete dias, não se observou diferença estatística entre os controles, evidenciando, na situação deste experimento, que, independentemente da dose e do volume pulverizado, a avaliação visual aos sete DAA indica efeito semelhante.

Quadro 10. Porcentagem de controle de B. *decumbens* em função da época de avaliação

Volume de pulverização (L ha^{-1})		Controle %			
		Dose (g ha^{-1})			
		180	360	720	1080
40	7 DAA	32,50aC	32,50aB	35,00aB	45,00aC
	14 DAA	68,75aB	71,25aA	91,25aA	87,50aB
	26 DAA	100,00aA	95,00aA	100,00aA	97,50aA
90	7 DAA	25,00aB	40,00aB	45,00aB	48,75aB
	14 DAA	46,25aB	76,25aA	87,25aA	86,25aA
	26 DAA	78,75bA	93,75aA	100,00aA	100,00aA
165	7 DAA	27,50aB	18,75aC	32,50aB	30,00aB
	14 DAA	42,50aB	77,50bB	52,50aB	73,75aA
	26 DAA	99,50aA	100,00aA	99,75aA	100,00aA

*****Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Também não se verificou diferença estatística entre o volume pulverizado e doses, quando a avaliação foi realizada aos 14 DAA. Nem mesmo para avaliações realizadas aos 26 dias, exceto para o volume a dose de 180 g de e.a. ha^{-1}, para uma um volume de pulverização de 90 L ha^{-1}.

Pela apresentação dos dados pode-se inferir que menores volumes de aplicação proporcionam controle satisfatório e semelhante aos maiores volumes.

De maneira geral, para as condições do experimento, a porcentagem de controle de *B. decumbes* foi aumentando à medida que as avaliações foram realizadas, obtendo-se controle considerado ótimo aos 26 DAA.

5. CONCLUSÕES

- A cobertura do alvo para o volume de pulverização de 40 L ha^{-1} atendeu às recomendações para o controle de *B. decumbens*.

- Os volumes de pulverização de 40 e 90 L ha^{-1} apresentaram os respectivos valores, 20,87 e 29,14 %, de porcentagem de volume de líquido com gotas com diâmetros menores que 200 µm.

- Para a aplicação de volume de pulverização acima de 165 L ha^{-1}, obteve-se 44,29 % para volume acumulado de gotas com diâmetro maior que 600 µm.

- Por causa da grande porcentagem de gotas com diâmetro menor que 200 µm, as maiores distâncias de deposição ocorreram para os volumes de 40 e 90 L ha^{-1}.

- O volume depulverização (40, 90 e 165 L ha^{-1}) não afetou a eficácia de controle de *B. decumbens*.

- Doses reduzidas de *glyphosate* e baixo volume de pulverização resultaram em eficiência acima de 97% para o controle de *B. decumbens.*

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABI-SAAB, O.J.G., 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 videira. **Semina**. Londrina, v.23, n.2, p.221 - 228, 2002.

AL-KHATIB, K.; CLAASSEN, M. M.; STAHLMAN P. W; GEIER, P. W.; REGEHR D. L.; DUNCAN, S. R.; HEER. W. F. Grain Sorghum Response to Simulated Drift from Glufosinate, Glyphosate, Imazethapyr, and Sethoxydim. **Weed Technology**,v.17,.p 261–265,2003.

AL-KHATIB, K.; CLAASSEN, M.M.; STAHLMAN, P.W.; GEIER, P.W.; REGEHR, D.L.; DUNCAN, S.R.; HEER, W.F.. Grain sorghum response to simulated drift from glufosinate, glyphosate, imazethapyr and sethoxydim. **Weed Technology**, v. 17. P. 261-265. 2003.

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

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação**. Campinas, São Paulo: LineaCreativa, 2004.

ALAM - ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS - ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluacionenensayos de control de malezas. ALAM, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

ANBIFINA-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUÍMICA FINA, BIOTECNOLOGIA E SUAS ESPECIALIDADES - ABIFINA **Defensivos agrícolas**. Disponível em <http://www.abifina.org.br/noticiaSecao.asp?secao=1&noticia=76.> Acesso em: 23 de nov. de 2009.

BAESSO, M. M. parâmetros técnicos para o controle do mofo-branco na cultura do feijão utilizando pulverizador hidráulico de barra com assistência de ar. 2009.78 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2009.

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.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal. **Legislação Federal de Agrotóxicos e afins**. Brasília, DF, 1989.

BRIDGES, D. C.; BRICK, B. J.; BARBAUS, J. C. Wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) interference with peanut (*Arachishypogaea*).**Weed Technology.**, v. 40, p. 37-42, 1992.

BRIDGES, D.; HESS, F. D. Adjuvantes. In: **Herbicide action course.** West Lafayette: Purdue University, p 56-58. 2003.

BRIGHENTI, A.M., CASTRO, C., OLIVEIRA JR., R.S., SCAPIM, C.A., VOLL, E. e GAZZIERO, D.L.P. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do Girassol. **PlantaDaninha**, Viçosa-MG, v.22, n.2, p.251-257, 2004.

BUKER, R.S.; STALL, W.M.; OLSON, S.M.; SCHILLING, D.G. Season long interference of yellow nutsedge (Cyperusesculentus) with direct-seeded and transplanted watermelon (Citrulluslanatus). **Weed Technology**, v.17, p.751-754, 2003.

CALDAS, E. D.; SOUZA, L. C. R. K. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 529-37, 2000.

CARRERO, J. M. **Maquinaria para tratamientosfitossanitarios. Madrid:** EdicionesMundi-Prensa, p.159. 1996.

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, n. 6, p. 963-969, jun. 1999.

CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L. Eficiência de deposição de agrotóxicos, obtida com bocal eletrostático para pulverizador motorizado costal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 497-501, 2002.

CHRISTOFOLETTI, J. C. Considerações sobre a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, **Spraying System do Brasil**, Diadema, 1997.

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

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

CORRÊA, G. H; HELD, J. Produção e utilização de gotas com diâmetro uniforme. **Bragantina**, vol. 41, 1982.

COSTA, A.G.F.; RAETANO C.G.; VELINI E.D.; TOFOLI, G.R.; CAVENAGHI A.L. MethodstoEstimateLosses in PreemergenceHerbicide Sprays. **Bulletinof Environmental ContaminationandToxicology,** b 74, p.8–15, 2005.

COSTA, A.G.F.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C.A.; ROSSI, C.V.S.; CORRÊA, M.R.; SILVA, F.M.L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **PlantaDaninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. TORGESON, D. C. ed. Fingicide – An advance treatise. **Academic Press**, New York, p. 239-286, 1967.

CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY, R.A.; RICHARDSON, G.M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer. Effects of spray liquid flow rate. **Crop Protection**, v. 20, p. 13-30, 2001.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e agrotecnologia**. Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CUNHA, J. P. A. R. Tecnologia de aplicação convencional de fungicida de contato no controle de doenças do feijoeiro. 2003. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas, **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.325-332, 2003.

DEEDS, Z.A.; AL-KHATIB, K.; PETERSON, D.E.; STAHLMAN, P.W. Wheat response to simulated drift of glyphosate and imazamox applied at two growth stages. **Weed Technology**, v 20, p. 23-31, 2006.

DEVLIN, D. L.; LONG, J. H.; MADDLUX, L. D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybean (Glycine max). **Weed Technology**, v. 5, n. 4, p. 834-40, 1991.

EMBRAPA UVA E VINHO, Sistema de Produção de Ameixa Européia. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/AmeixaEuropeia/tecnologia.htm>. 2005. Acessoem 29/06/2010.

ETHERIDGE, R. E.; WOMAC, A. R.; MUELLER, T. C. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, v. 13, p. 765-770, 1999.

FERREIRA, J. F. S.; REDDY K. N.. Absorption and translocation of glyphosate in Erythroxylum coca and E. novogranatense. **Weed Science**, 48:193–199, 2000.

FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L. In: Silva, A. A.; Silva, J. F. **Tópicos em Manejo de Plantas daninhas**. Viçosa: Editora UFV, 2007. Cap. 8, p. 325-367.2007

FIGUEREDO, S. S.; LOECK, A. E.; ROSENTHAL, M. D.; AGOSTINETTO ,D.; FONTANA, L.C.; RIGOLI, R.P. Influência de doses reduzidas do glyphosate no tomateiro (*Lycopersiconesculentum)*. **Planta Daninha**,Viçosa-MG, v.25, n.3, p.849-857, 2007.

FIRVEDA, M. C.; CANTALOGO-JUNIOR A.; RAMOS, H. H.; LINO, A. C. L.; CORRÊA, I. M. Uso de software para análise de imagem em avaliação da cobertura de pulverização. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, 305-310, 2002.

FOX, R.D.; DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; BRAZEE, R.D.; SVENSSON, S.A. A history of air-blast sprayer development and future prospects. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 2, p. 405-410, 2008.

HARKER, K.N.; BLACKSHAW, R.E.; CLAYTON, G.W. Timing weed removal in field pea (Pisumsativum). **Weed Technology**, v.15, p.277–283, 2001.

JUAN, V.F.; SAINT-ANDRE, H.; FERNANDEZ, R.R. Competencia de lecheron (euphorbia dentata) en soja. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.175-180, 2003.

KIRKWOOD, R. C.; MCKAY ,I.. Accumulation and elimination of herbicides in select crop and weed species. **Pesticides Sciencie**.,v.42,p.241-248, 1994.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: Guedes, J. V. C. & Dornelles, S. B. (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitosanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria. P. 39-51. 1998.

LAW, S. E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during de 20th century. **Journal Electrostics**, v. 51/52, p. 25-42, 2001.

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

MAGNO JÚNIOR, R. G.; Desenvolvimento de sistema eletrônico para pulverização e atração de gotas em plantas cítricas. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.

MARCHI, S.R.; MARTINS, D.; COSTA, N.V.; TERRA, M.A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

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

MARRS, R. H.; FROST, A. J.; PLANT, R. A.; LUNNIS, P. Determination of buffer zones to protect seedlings of non-target plants from the effects of glyphosate spray drift. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 45, n. 3, p. 283-293, 1993.

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

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 139p. 1990.

MATUO, T; PIO, L. C.; RAMOS, H.H; FERREIRA, L. R.. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **ABEAS – Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV; 85 p. 2001.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.. Dinâmica do banco de sementes em áreas com aplicação freqüente do herbicida glyphosate. **PlantaDaninha**, Viçosa-MG, v.21, n.1, p.63-69, 2003.

MORALES-PAYAN, J.P.; STALL, W.M.; SHILLING, D.G.; CHARUDATTAN, R.; DUSJY, J.A. e BEWICK, T.A. Above- and belowground interference of purple and yellow nutsedge (Cyperus spp.) with tomato. **Weed Science**, v.51, p.181-185, 2003.

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 ofAgricultural Engineering Resource**, London, v. 75, p. 127-137, 2000.

MUSCUTT, A. D.; Harris, G. L.; Bailey, S. W.; Davies, D. B. Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture. **Agriculture, EcosystemsandEnvironment**, v 45 (1-2), p. 59-77, 1993.

NASCENTE, A.S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M.A. Interferência das plantas daninhas na cultura do tomate para processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.602-606, 2004.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D.. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **ScientiaAgricola** v.62, n.5, p.440-445, 2005.

PALLADINI, L.A. Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PEDRINHO JUNIOR, A. F. F.; PIVA, F. M.; MARTINI, G.; FELICI, G. V; DURIGAN, J. C.. Influência da chuva na eficiência do glyphosate em mistura com adjuvantes na dessecação de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.263-271, 2002.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B. GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **EngenhariaAgrícola, Jaboticabal**, v.27, n.esp., p.56-65, jan., 2007.

RAMSDALE, B. K.; MESSERSMITH, C.G.; NALEWAJA, J. D.. Spray Volume, Formulation, Ammonium Sulfate, and Nozzle Effectson Glyphosate Efficacy. **Weed Technology** ,.v. 17 p. 589–598, 2003.

REICHARD, D. L.; ZHU, H.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D. Wind tunnel evaluation of a computer program to model spray drift. **ASABE**. v. 35(3), p 755-758, 1992.

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

ROIDER, C.A.; GRIFFIN J. L.; HARRISON S. A.; JONES, C. A. Wheat Response to Simulated Glyphosate Drift. **Weed Technology**. v.21. p.1010–1015. 2007.

ROIDER, C.A.; GRIFFIN, J.L.; HARRISON, S.A.; JONES, C.A. Carrier volume affects wheat response to simulated glyphosate drift. **Weed Technology**. v.22, p.453-458. 2008.

ROMAN, E.S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A.; MATTEI, R.W.. Resistência de azevém (Loliummultiflorum) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 301-306, 2004.

RUAS, R. A. A. Tecnologia de aplicação do glyphosate para certificação de produtos agrícolas, 2007. 95 f. (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2007.

SABA, A.; MESSINA, F. Atitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, p. 637-645, 2003.

SABIK, H.; JEANOT, R.; ROUNDEAU, B.. Multiresidue methods using solid-phase extraction techniques for monitoring priority pesticides, including triazines and degradation products, in ground and surface waters. **Journal of Chromatography** A, Amsterdam, v. 885, p. 217-236, 2000.

SALYANI, M.; FOX, R.D. Evaluation of spray quality by oil and water-sensitive papers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 1, p. 37-43, 1999.

SATCHIVI, N.M.; WAX, L.M.; STOLLE, E. W.; Briskin, D.P.. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in Abutilon theophrasti and Setariafaberi. **Weed Science**, 48:675–679, 2000.

SCHRAMM, F. R**.** Dinâmica De Gotas Sobre Superfícies Heterogêneas. In: **XII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica**, Ilha Solteira – SP. 2005. Disponível em: <www.dem.feis.unesp.br/cdrom_creem2005/pdf/mf17.pdf>Acessado em 28/05/2010.

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

SHARMA, S. D.; SINGH, M.. Environmental factors affecting absorption and bio-efficacy of glyphosate in florida beggar weed (Desmodiumtortuosum). **CropProtection**., v.20, p.511-516, 2001.

SILVA, A. F. interferência de plantas daninhas no desenvolvimento da soja resistente ao glyphosate. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2008.

SOARES FILHO, S. I. B. Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em quatro espécies do gênero *commelina*. 2008.79 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas- Universidade Estadual Paulista Botucatu-SP. 2008

SUMNER, P. E. Reducing spray drift. Georgia: University of Georgia, 11 p. 1997.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volume de caldo y de uniformidad de distribuición transversal sobre laeficacia de lapulverización hidráulica**. 1997. 310f. Tese (Doutorado em Ingenieria Rural) – Escuela Técnica Superior de IngenierosAgronomos, Universidade Politénica de Madrid, Espanha, 1997.

VARGAS L.; GLEBER L. Tecnologia de aplicação de defensivos In: **Sistema de Produção de Ameixa Européia.** EMBRAPA Uva e Vinho. Brasil. 2005. Disponível em:http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/AmeixaEuropeia/tecnologia.htm. Acesso em: 29/06/2010.

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

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M.; QUIRINO, A. L. S.; FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. **PlantaDaninha**, v. 25, p. 25-31, 2007.

WALTON, W. H; PREWETT, W. C. The production of sprays and mist of uniform droplets size by means of spinning disc type sprayers. **Proceedings of the Physical society**. 62 (6). P 341-350, 1949.

WILLIAMS, G. M.; KROES R.; MUNRO, I. C.. Safety Evaluation and Risk Assessment of the Herbicide Roundup. **Regulatory Toxicology and Pharmacology** , 31, 117–165, 2000.

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

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

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S.C. Qualidade de sementes de algodão provenientes de plantas tratadas com doses reduzidas de glyphosate. **Planta Daninha**. Viçosa-MG, v. 24, n. 2, p. 353-358, 2006.

ZANATTA, J. F.; PROCÓPIO, S. O.; MANICA, R.; PAULETTO, E. A.;CARGNELUTTI FILHO, A.; VARGAS, L.; SGANZERLA, D. C.; ROSENTHAL, M. D. A.; PINTO, J. J.O.. Teores de água no solo e eficácia do herbicida glyphosate no controle de Euphorbiaheterophylla. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.25, n.3, p.799-811, 2007.

ZHU, H., D.L. REICHARD, R.D. FOX, H.E. OZKAN AND R.D. BRAZEE. DRIFTSIM, a program to estimate drift distances of spray droplets. AppliedEngineering in Agriculture 11 (3): 365-369. 1995.