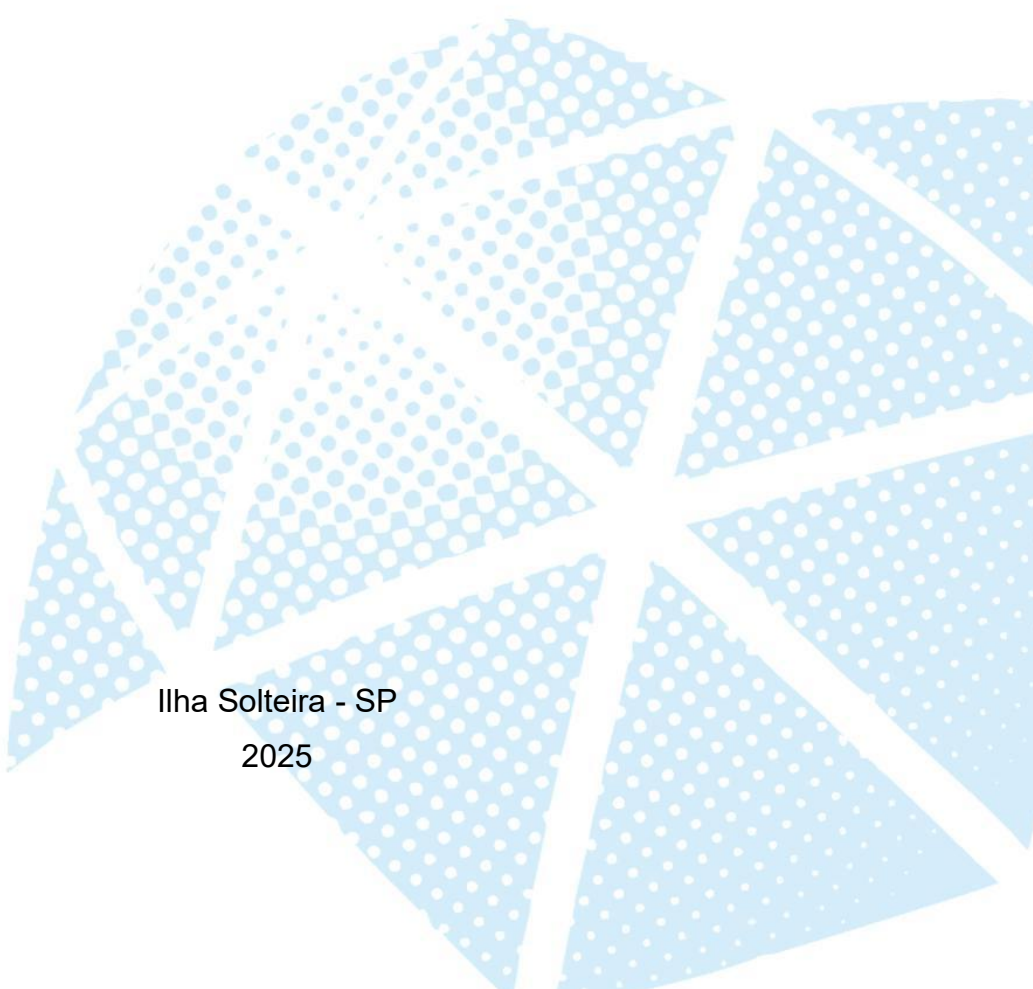


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

RAFAEL MALDANIS ZANINI

**INFLUÊNCIA DA CLASSE DE GOTAS E VOLUME DE APLICAÇÃO NA
DEPOSIÇÃO E CONTROLE DE *Digitaria insularis* COM OS HERBICIDAS
CLETODIM E GLUFOSINATO**



Ilha Solteira - SP
2025

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAFAEL MALDANIS ZANINI

INFLUÊNCIA DA CLASSE DE GOTAS E VOLUME DE APLICAÇÃO NA DEPOSIÇÃO E CONTROLE DE *Digitaria insularis* COM OS HERBICIDAS CLETODIM E GLUFOSINATO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia - UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Sistemas de produção

Orientador: Prof. Dr. Evandro Pereira Prado

Ilha Solteira - SP

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

- Z31i Zanini, Rafael Maldanis.
Influência da classe de gotas e volume de aplicação na deposição e controle de *Digitaria insularis* com os herbicidas cletodim e glufosinato / Rafael Maldanis Zanini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
40 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidades: Sistemas de Produção, 2025
- Orientador: Evandro Pereira Prado
Inclui bibliografia
1. Digitária insularis. 2. Tecnologia de aplicação. 3. Cletodim. 4. Glufosinato de amônio. 5. Volume de aplicação. 6. Controle químico.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **Influência da classe de gotas e volume de aplicação na deposição e controle de digitaria insularis com os herbicidas cletodim e glufosinato**

AUTOR: RAFAEL MALDANIS ZANINI

ORIENTADOR: EVANDRO PEREIRA PRADO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **EVANDRO PEREIRA PRADO**
Data: 22/08/2025 10:36:37-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO (Participação Virtual)
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP

Leandro
Tropaldi:01817180142
80142

Assinado de forma digital
por Leandro
Tropaldi:01817180142
Dados: 2025.08.22 11:15:45
-03'00'

Prof. Dr. LEANDRO TROPALDI (Participação Virtual)
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP

RAFAEL DE SOUZA
CHRISTOVAM:31072928850

Assinado de forma digital por RAFAEL
DE SOUZA CHRISTOVAM:31072928850
Dados: 2025.08.22 19:22:55 -03'00'

Dr. RAFAEL DE SOUZA CHRISTOVAM (Participação Virtual)
Fd Drone

Ilha Solteira, 22 de agosto de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus em primeiro lugar, sem Ele, nada disso seria possível, como dizem por aí: “coloque os pés que Deus constrói o caminho”, essa frase representa muito como foi a minha jornada até aqui.

Dedico este trabalho também aos meus pais e meu irmão, que mesmo sabendo das minhas limitações, aguentando as minhas manias, entendendo as minhas dificuldades incluindo a minha saúde, sempre estiveram ali, independente da situação.

Deixo a minha dedicação a todo ecossistema da Unesp, com carinho especial ao programa de Pós-graduação em Agronomia PPGA e a todas as pessoas envolvidas nessa etapa. Aprendi o sentido da frase que diz; “sozinho eu até posso ir mais rápido, em conjunto conseguimos chegar mais longe”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Carla e Paulo por todo incentivo e ajuda em relação ao mestrado, que além do suporte para me auxiliar com essa etapa, foram muito importantes no meu processo de desenvolvimento do meu experimento. Agradeço também, de maneira similar, meu irmão Gustavo que esteve presente em toda etapa de experimentação.

Ao Professor Dr. Evandro Pereira Prado por me orientar durante o mestrado, com paciência durante minhas dúvidas recorrentes sobre todo esse processo e pelos aprendizados adquiridos durante essa jornada. Quero deixar também, os meus agradecimentos aos técnicos de campo da FCAT, pelo suporte fornecido durante o desenvolvimento do experimento. Aos funcionários da FCAT e FEIS por atuarem diretamente no funcionamento dos espaços para que tudo se torne possível. Aos professores da FCAT e FEIS que me possibilitaram um desenvolvimento como pessoa/profissional muito além do que eu imaginei.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Pois, de que adianta ao homem ganhar o mundo inteiro e perder a sua alma?” Marcos 8:36

RESUMO

Compreender as variáveis que interferem no trajeto da gota até seu alvo é fundamental para maximizar a qualidade da aplicação de defensivos agrícolas, tornando-a economicamente viável e causando o menor impacto ambiental possível. Portanto, este estudo teve como objetivo verificar e compreender a influência do tamanho de gota e do volume de calda na deposição do glufosinato de amônio e cletodim para o controle do capim-amargoso. Para avaliar os depósitos de calda no alvo, foi utilizado corante alimentício Azul brilhante FCF na concentração de 2,0 g L⁻¹. Foram empregados dois tamanhos de gota (média e extremamente grossa) e dois volumes de aplicação (77 e 243 L ha⁻¹), com 40 repetições por tratamento, sendo que cada repetição consistiu em um vaso com uma planta. Para garantir maior segurança dos dados, foram realizadas aplicações dos tratamentos em papel hidrossensível. Os valores de deposição em µL g⁻¹ da massa seca da parte aérea (MSPA) foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott (p<0,05). A uniformidade de distribuição da deposição foi analisada pelo coeficiente de variação de cada tratamento. A influência do tamanho de gota e volume de aplicação na fitotoxicidade dos herbicidas de ação não sistêmica (contato), glufosinato - sal de amônio (200 g i.a. L⁻¹) e herbicida sistêmico, cletodim (240 g i.a. L⁻¹) foi analisada por meio de curva dose-resposta utilizando as seguintes doses: 0 (apenas água); 1/27D; 1/9D; 1/3D; D; 3D, sendo D a dose recomendada pelo fabricante do produto para controle do capim-amargoso. Os dados de resposta das avaliações visuais de fitotoxicidade e redução da MSPA foram ajustados pelo modelo log-logístico. Todos os experimentos foram realizados em duplicata para assegurar maior confiabilidade dos resultados. Para garantir maior segurança nos resultados, os tratamentos foram aplicados em cartões hidrossensíveis além do alvo. Foi possível verificar que quanto menor a gota, maior foi a cobertura no cartão hidrossensível e quanto maior o volume de aplicação, maior foi a cobertura. Pensando em deposição da calda no alvo, o volume de aplicação de 77 L ha⁻¹ proporcionou maior deposição da calda em plantas de *D. insularis* do que o volume de 230 L ha⁻¹. A classe de gota média e extremamente grossa não interferiram na quantidade depositada nas plantas de *D. insularis*. Focando na dose-resposta dos herbicidas cletodim e glufosinato de amônio, para ambos o volume de aplicação de 230 L ha⁻¹ tanto com gotas médias quanto com gotas extremamente grossas atingiu um desempenho semelhante ao volume de 77 L ha⁻¹ com gotas médias. Apenas o volume de 77 L ha⁻¹ com gotas extremamente grossas se diferenciou dos demais, porém de maneira negativa, necessitando de maiores doses para atingir C50 e causar a redução da MSPA.

Palavras-chave: *Digitária insularis*; tecnologia de aplicação; cletodim; glufosinato de amônio; volume de aplicação; controle químico; classe de gotas.

ABSTRACT

Understanding the variables that influence the trajectory of droplets to the target is essential for maximizing the quality of pesticide applications, ensuring economic viability, and minimizing environmental impact. This study aimed to evaluate and understand the influence of droplet size and spray volume on the deposition of ammonium glufosinate and clethodim for the control of *Digitaria insularis* (sourgrass). To assess spray solution deposition on the target, the food dye Brilliant Blue FCF was added at a concentration of 2.0 g L^{-1} . Two droplet sizes (medium and extremely coarse) and two application volumes (77 and 243 L ha^{-1}) were tested, with 40 replicates per treatment, each consisting of a pot with a single plant. To ensure greater data reliability, treatments were also applied onto water-sensitive papers. Deposition values ($\mu\text{L g}^{-1}$ of above-ground dry mass, AGDM) were subjected to analysis of variance, and when significant, means were compared using the Scott–Knott test ($p < 0.05$). Deposition uniformity was assessed through the coefficient of variation for each treatment. The influence of droplet size and application volume on the phytotoxicity of a non-systemic (contact) herbicide, ammonium glufosinate ($200 \text{ g a.i. L}^{-1}$), and a systemic herbicide, clethodim ($240 \text{ g a.i. L}^{-1}$), was analyzed using a dose–response curve with the following doses: 0 (water only), $1/27\text{D}$, $1/9\text{D}$, $1/3\text{D}$, D , and 3D , where D is the manufacturer’s recommended dose for sourgrass control. Phytotoxicity and AGDM reduction data were fitted to a log–logistic model. All experiments were conducted in duplicate to ensure greater result robustness. Results showed that smaller droplets provided greater coverage on water-sensitive papers, and higher application volumes also increased coverage. Considering spray deposition on the target, the 77 L ha^{-1} volume resulted in higher deposition on *D. insularis* plants compared to 230 L ha^{-1} . Droplet size (medium or extremely coarse) did not affect the amount deposited on the plants. Regarding the dose–response for clethodim and ammonium glufosinate, for both herbicides, 230 L ha^{-1} (with either medium or extremely coarse droplets) performed similarly to 77 L ha^{-1} with medium droplets. Only the 77 L ha^{-1} volume with extremely coarse droplets performed worse, requiring higher doses to reach C50 and reduce AGDM.

Keywords: *Digitaria insularis*; application technology; clethodim; ammonium glufosinate; application volume; chemical control; droplet class.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - A) Localização do município de Dracena no estado de São Paulo; B) Localização do campus da UNESP de Dracena no município e C) Localização das estufas agrícolas para desenvolvimento das plantas de capim-amargoso e laboratório de Tecnologia de aplicação.....24
- Figura 2 - Hastes posicionadas abaixo da barra de pulverização para receber a aplicação dos tratamentos (A). Detalhe das hastes contendo o cartão antes da aplicação (B). Cartão sensível a água após a aplicação (C).....27
- Figura 3 - Deposição em cartão hidrossensível em função das pontas que produzem gotas médias e extremamente grossas (A). Deposição em cartão hidrossensível em função do volume de 77 L ha⁻¹ e 230 L ha⁻¹ (B).....32
- Figura 4 - (A) Interação entre o produto cletodim e os diferentes volumes de calda e classe de gota com sua eficácia para atingir a C50, onde, 77L M: Volume de calda de 77 L com gotas médias; 77L EG: Volume de calda de 77 L com gotas extremamente grossas; 230L M: Volume de calda de 230 L com gotas médias; 230L EG: Volume de calda de 230 L com gotas extremamente grossas. (B) Interação entre o produto glufosinato de amônio e os diferentes volumes de calda e classe de gota com sua eficácia para atingir a C50 onde, 77L M: Volume de calda de 77 L com gotas médias; 77L EG: Volume de calda de 77 L com gotas extremamente grossas; 230L M: Volume de calda de 230 L com gotas médias; 230L EG: Volume de calda de 230 L com gotas extremamente grossas.....34
- Figura 5 - Tratamentos e efeito das diferentes doses de cletodim.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento de deposição e controle.....	23
Tabela 2 - Condições meteorológicas no momento das pulverizações dos experimentos de deposição e dose resposta.	28
Tabela 3 - Valores de depósito normalizados em plantas de <i>Digitaria insularis</i> , expressos em micrograma por grama de matéria seca da parte aérea (MSPA), após pulverização com diferentes classes de gota e volumes de aplicação	30
Tabela 4 - Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida cletodim e glufosinato pulverizados em plantas de capim amargoso por diferentes volumes de aplicação e classes de gotas.	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.1.2	Objetivos específicos:.....	13
3	HIPÓTESE.....	14
4	REVISÃO DE LITERATURA	15
4.1	ENTENDENDO O CAPIM AMARGOSO E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA/AGRONÔMICA	15
4.2	HERBICIDAS	16
4.3	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO.....	17
4.3.1	Variáveis ambientais e climáticas e seu efeito na aplicação.....	17
4.3.2	Deriva.....	18
4.3.3	Pontas e a formação de gotas	18
4.3.4	Volume de aplicação de calda	19
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1	CONDUÇÃO DAS PLANTAS DE CAPIM-AMARGOSO	21
5.2	EXPERIMENTO 1: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE GOTAS E VOLUME DE APLICAÇÃO NOS DEPÓSITOS DA PULVERIZAÇÃO EM PLANTAS DE CAPIM-AMARGOSO.	22
5.2.1	Delineamento experimental	22
5.2.2	Pulverização dos tratamentos	23
5.2.3	Aplicação dos tratamentos em cartão hidrosensível.....	23
5.2.4	Quantificação dos depósitos da pulverização	24
5.2.5	Uniformidade de distribuição da pulverização	25
5.2.6	Análise dos resultados	25
5.3	EXPERIMENTO 2: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE GOTAS E VOLUME DE APLICAÇÃO NA FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS EM CAPIM-AMARGOSO	25
5.3.1	Descrição dos tratamentos	25
5.3.2	Análise dos resultados	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
6.1	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO MOMENTO DAS APLICAÇÕES.....	28
6.2	DEPOSIÇÃO NO CARTÃO HIDROSENSÍVEL	28
6.3	INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE GOTAS E VOLUME DE APLICAÇÃO NOS DEPÓSITOS EM PLANTAS DE CAPIM AMARGOSO	29
6.4	INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE GOTAS E VOLUME DE APLICAÇÃO NO USO DE HERBICIDAS PARA A REDUÇÃO DA MSPA CAPIM-AMARGOSO	31
7	CONCLUSÕES.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

Ano após ano, o uso de produtos fitossanitários vem ganhando espaço tanto na mídia quanto dentro do setor entre produtores e profissionais do agronegócio. Essa atenção voltada para o uso desses produtos se dá pelo potencial de contaminação e baixa eficiência em seu uso no dia a dia. Outro ponto importante, vem com os valores de comercialização e baixa oferta, como foi possível verificar durante o período da pandemia de COVID-19 e posteriormente com as demais crises e conflitos mundiais que afetaram direta ou indiretamente os produtos utilizados na agricultura. Por isso, entender sobre sua melhor eficiência e maior rendimento está ligado tanto ao lado de eficiência e economia, quanto com a redução dos prejuízos causados ao meio ambiente.

Esse estudo tem como foco o tamanho de gota e o volume de aplicação de herbicidas. Uma vez que eles vêm se tornando cada vez mais necessários para o alcance de altas produtividades e até mesmo a manutenção do mesmo nível de produção, levando em consideração que o controle inadequado das plantas daninhas traz consigo consequências na produtividade. O aumento do uso dos herbicidas na América do Sul, com destaque para o Brasil, tem como um dos fatores a necessidade de fornecimento de alimentos tanto para o país quanto para o mundo (Merotto Jr. *et al.*, 2002).

Entender que existem fatores determinantes em um processo de manejo das plantas daninhas, se torna uma necessidade dentro do cenário atual em que presenciamos cada vez mais o aumento de resistência em espécies responsáveis por grande interferência no retorno econômico e cuidados com a sustentabilidade desses manejos (Braz *et al.*, 2021; Pagnoncelli *et al.*, 2021).

Como apresentado, temos como problema o aumento no uso de herbicidas, devido ao fato de que as plantas daninhas vêm desenvolvendo resistência com rápida frequência, esse problema também é enfrentado no controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis* L.Fedde), isso se deve ao fato de que frequentemente temos o uso de uma mesma molécula ou ferramenta para o controle, causando uma forte pressão de seleção, como é o caso recente das múltiplas situações de resistência ao glifosato, que é o herbicida de maior acesso no Brasil para o produtor (Pagnoncelli *et al.*, 2021; Takano; Dayan, 2021).

Com isso, torna-se necessário buscar alternativas para o manejo e entender as variáveis que influenciam no controle do capim-amargoso. Dentre essas alternativas, temos a utilização de outras ferramentas de controle que atuam em modos de ação diferentes, como o caso presente nesse estudo, com o Clethodim que se trata de um herbicida sistêmico, com ação inibidora da ACCase e Glufosinato de amônio que atua como um herbicida de contato que inibe a ação da enzima glutamina sintetase e suas particularidades (Correia *et al.*, 2020; Leal *et al.*, 2021; Takano; Dayan, 2021). Outra informação importante, vem com o conhecimento sobre o estágio fenológico/desenvolvimento da planta daninha, que segundo traz a literatura, pode ser determinante para um controle eficiente ou não (Andrade; Presoto; Carvalho, 2019; C. Presoto *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2006).

Visando buscar um manejo mais próximo do ideal, além de conhecer as ferramentas para se utilizar, deve-se entender sobre a tecnologia envolvida para aplicação, que vai da multidisciplinaridade de entender sobre a influência que o tamanho de gota exerce sobre a qualidade da aplicação. Para a formação dessas gotas, existem fatores que afetam sua formação, que vai do tipo de ponta escolhida até o produto misturado em tanque para aplicação (Filho *et al.*, 2018; Minguela, 2011; Antuniassi, *et al.*, 2019).

Também temos que nos atentar ao efeito causado ou não quanto ao volume de calda, tomando como base as variações entre resultados de aplicações envolvendo isso e combinações com bicos diferentes para aplicação, que impactarão direta ou indiretamente na área atingida pelo herbicida na planta, na eficiência de deposição e evitando ou proporcionando maior deriva do produto (Filho *et al.*, 2018; Minguela, 2011).

De acordo com Silva *et al.* (2013), a arquitetura da planta e o espectro de gotas produzido de diferentes formas com o uso de diferentes pontas, acabam se mostrando influenciadores em relação à capacidade de penetração das gotas no dossel das plantas e como consequência, influenciam a deposição do produto/calda sobre o alvo biológico em questão.

Como observado por Costa *et al.* (2007) o aumento da deriva de produtos fitossanitários tem ligação direta com o aumento da velocidade do vento no momento da aplicação, além de que, segundo os autores, quanto maior o volume de calda pulverizado com gotas menores, maior será a deriva dessa calda. Ainda discutindo sobre a deriva, toda aplicação de produtos fitossanitários tem potencial para deriva, sendo influenciada por vários fatores como o tipo de ponta, pressão trabalhada, velocidade do vento entre outros (Brankov *et al.*, 2022).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar a influência entre o tamanho de gotas e volume de aplicação na deposição e controle de capim-amargoso utilizando dois herbicidas, sendo um sistêmico e outro de contato.

2.1.2 Objetivos específicos:

- 1- Verificar a influência entre o tamanho de gota e volume de calda na deposição do produto em plantas de capim-amargoso.
- 2- Comparar a eficiência de controle do capim-amargoso com os 2 tipos de herbicidas de modo de ação diferentes, sendo um sistêmico, o clethodim que é um inibidor da enzima ACCase (Acetil-Co A carboxilase) e outro de contato sendo o glufosinato de amônio, responsável por inibir a atividade da enzima glutamina sintetase.
- 3- Avaliar os efeitos da relação entre deposição e eficiência de controle em herbicidas de ação sistêmica e de contato.

3 HIPÓTESE

H0- O volume reduzido de calda não tem influência na deposição e controle do capim-amargoso.

H1- A aplicação de herbicida de contato com gota extremamente grossa tem eficiência de controle igual a gota média.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Entendendo o capim amargoso e sua importância econômica/agronômica

De acordo com Lorenzi *et al.* (2014) e Machado *et al.* (2006), o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma planta perene, herbácea que pode chegar até 100 cm de altura, apresenta a formação de pequenas touceiras. Suas folhas têm textura levemente áspera chegando de 15-25 cm de comprimento. Sua reprodução é feita através de sementes e rizomas curtos, estes que provocam uma maior dificuldade de controle, além da dificuldade em ser controlada após o florescimento.

A planta compete com culturas de grande importância no aspecto econômico e agronômico, como é o caso da soja, citros, milho e cana de açúcar. Em particular, no caso da soja, não era tão importante, até o início da prática de plantio direto (Gazziero *et al.*, 2015). Essa competição com outras culturas pode acontecer por luminosidade, água, nutrientes e espaço. Em experimento realizado por Braz *et al.* (2021), conseguiram verificar que plantas de soja acabaram sofrendo uma redução de 32% na produtividade em casos de alta infestação por capim-amargoso, onde esse nível se mostrou crítico em uma densidade de 8 plantas por m² quando essas foram plantadas simultaneamente com a soja. Em outro experimento em que Merotto Jr. *et al.* (2002) buscaram avaliar a influência da competição das plantas daninhas sobre a soja e arroz, usando diferentes tipos de luz (natural, vermelha e vermelha extrema), foi possível verificar que as plantas daninhas provocaram uma série de efeitos fisiológicos, mostrando que a diminuição na qualidade de luz interfere no desenvolvimento da cultura.

Em relação aos efeitos das plantas daninhas, em especial o capim-amargoso, deve-se atentar aos efeitos econômicos ligados à produtividade quando falamos da importância dela. Foi possível verificar que “...o capim amargoso em competição com a soja reduziu em até 44% a produtividade dessa cultura.” (GAZZIERO *et al.*, 2012). Outra situação envolvendo os efeitos econômicos causados pela presença e densidade do capim-amargoso foi verificada em experimento feito por Carvalho (2011) onde em testes feitos com café (*Coffea arabica* L.) mostraram que essa competição em relação à densidades diferentes variando de 1-16 plantas de *D. insularis* L., levaram a uma diminuição exponencial dos teores de macronutrientes, além de redução do processo fotossintético e redução do crescimento inicial das plantas de café.

O estágio fenológico da planta daninha, com foco no capim-amargoso é um aspecto importante para se atentar quando se trata do manejo correto, “...o melhor período para controle

de *D. insularis* é até os 35 dias após a emergência (DAE), quando os rizomas ainda não foram formados.” (Machado *et al.*, 2006).

4.2 Herbicidas

O uso de herbicidas tanto no Brasil quanto no resto do planeta é extremamente importante para que as necessidades de alimentos sejam atendidas, desde que sejam adotadas práticas de manejo que promovem a segurança em sua utilização. O volume de uso sofreu oscilações notáveis em relação ao surgimento das práticas sustentáveis de manejo, como é o caso do sistema de plantio direto e seu surgimento no início da década de 1970. Porém, o desequilíbrio no uso de herbicidas atuando no mesmo modo de ação proporcionaram a resistência de várias espécies de plantas daninhas, tornando o retrospecto de certa maneira movimentado em relação aos preços e área de uso no Brasil (Merotto *et al.*, 2022).

Um caso para ser citado como exemplo, é o cenário envolvendo o uso de glifosato no Brasil e a resistência desenvolvida por várias plantas daninhas por causa da pressão de seleção sofrida na repetição do mesmo modo de ação (Pagnoncelli *et al.*, 2021). Com isso, temos o aumento na busca em entender a utilização de alternativas que podem resolver esse problema. No entanto, o uso e preço de outras substâncias que promovem o controle de plantas daninhas passou por um grande aumento, como é o caso do Clethodim que sofreu um aumento de 2300% no seu uso no Brasil, também foi observado que o uso do glufosinato de amônio (inibidor da glutamina sintase) teve sua área de uso dobrada (Merotto *et al.*, 2022).

Mas, a agricultura vai depender do uso dos herbicidas nos próximos anos para manter a produção de alimentos (Merotto *et al.*, 2022) e como temos presenciado problemas com a resistência ao glifosato (principal herbicida utilizado no Brasil) surge a necessidade de utilização de outras substâncias (Correia *et al.*, 2020; Pagnoncelli *et al.*, 2021). Com isso, temos os inibidores da ACCase (enzima: acetil-coenzima A carboxilase) como alternativa ao controle de capim-amargoso, como é o caso do Clethodim e Haloxypop-P-methyl, herbicidas sistêmicos que vem se mostrando eficaz para o controle de *D. insularis* em plantas menores, com a presença de até 3 perfilhos (Correia *et al.*, 2020; Leal *et al.*, 2021).

Outra alternativa, é o Glufosinato de amônio que atua de maneira não sistêmica, ou seja, é um herbicida de contato, inibidor da glutamina sintetase, segunda enzima mais abundante nas plantas. Sua utilização requer cuidado, pois o efeito do glufosinato de amônio é mais evidente no período do dia, já que atua durante a chamada “fotossíntese clara”, ou de maneira mais

próxima da linguagem científica, fase fotoquímica, sua aplicação em condições fora do ideal, como luminosidade, temperatura e umidade, mostraram que a planta consegue se recuperar e resistir ao controle e como citado anteriormente, o glufosinato precisa agir de maneira rápida para que a planta não transforme a molécula em outra substância ou armazene no vacúolo (Takano; Dayan, 2021).

4.3 Tecnologia de aplicação

Entender sobre os herbicidas e planta daninha, tem grande importância quando falamos do controle das mesmas, mas um terceiro fator importante é saber como posicionar o produto biologicamente ativo no alvo correto, aplicar de maneira satisfatória em questão da quantidade e qualidade adequada e de maneira econômica, sendo eficiente e ao mesmo tempo sem afetar o ambiente por contaminação, tomando como uso as melhores práticas para cada equipamento e produto químico (Filho *et al.*, 2018). Ainda como disse Brandão *et al.* (2018), “O sucesso no manejo fitossanitário depende de um conjunto de conhecimentos”. Também foi observado por Silva *et al.* (2013), que pontas que produziram gotas de 100-250 μm , foram aquelas mais satisfatórias em relação à cobertura do alvo biológico por conta da maior deposição do produto na soja e milho e conseqüentemente, menor deriva do produto.

4.3.1 Variáveis ambientais e climáticas e seu efeito na aplicação

O tempo e o ambiente (e suas variações em relação às condições climáticas), tem grande impacto sobre a qualidade e efetividade na aplicação de produtos fitossanitários, como é o caso da redução da eficiência do Clethodim em casos de menores temperaturas, umidade do ar e intensidade luminosa do ambiente em que está inserida a planta daninha tratada como alvo (Cieslik; Vidal; Trezzi, 2013). Em relação aos produtos, a diferença nas condições de tempo e ambiente influenciam a qualidade de herbicidas, no momento em que se compara o horário de aplicação (Penckowski; Podolan; López-Ovejero, 2003).

Outra preocupação em relação ao clima, tem ligação com aspectos ligados à tecnologia de aplicação, como número de gotas, diâmetro, densidade das gotas e diâmetro mediano volumétrico, onde em comparação dos períodos do dia para aplicação, ficou claro em experimento que no horário das 14 horas da tarde, por conta da sua maior temperatura no dia, causou maiores efeitos na qualidade, como influencia na viscosidade de cauda, tamanho e quantidade de gotas, trazendo alterações na uniformidade das aplicações (Weber *et al.*, 2019).

4.3.2 Deriva

De acordo com Silva *et al.* (2013), pontas que produzem gotas mais finas, acabam se mostrando mais eficientes em relação à penetração e deposição da calda, devendo sempre tomar cuidado com as condições climáticas por conta da facilidade em ocorrer deriva. A escolha do tipo de ponta no processo de aplicação de produtos fitossanitários, tem maior impacto na eficiência de redução de deriva do que a redução da pressão trabalhada (Costa *et al.*, 2007). Segundo Godinho Junior *et al.* (2017), independente do herbicida utilizado (em especial a presença de 2,4-D), as pontas de jato plano que possuem indução de ar, são mais eficazes se tratando de deriva em relação às pontas que tem pré-orifício. Em contrapartida, quando misturado glifosato aos herbicidas 2,4-D e dicamba, foi possível notar uma redução no pH e tensão superficial das caldas testadas, afetando a presença ou não de deriva (Oliveira, G. M. P. de *et al.*, 2021).

Ainda sobre essa relação, a ação do vento tem ligação com a deriva, já que a velocidade do vento tem o poder de carregar as gotas dependendo da sua velocidade do tamanho dessas gotas. A redução da pressão trabalhada pode ter efeito significativo na diminuição da deriva, mas a escolha da ponta se mostra mais eficiente na influência desse problema (Costa *et al.*, 2007). Verificou-se que a ponta utilizada tem ligação e influência na distribuição, deposição e deriva dos produtos aplicados (Brankov *et al.*, 2022)

4.3.3 Pontas e a formação de gotas

Para se alcançar uma boa pulverização, é necessário se atentar aos tipos de gotas formadas para cada tipo de produto e operação. As pontas são as responsáveis no sistema de pulverização, por trazer características às gotas como tamanho e peso, além de conduzir a formação dos diferentes tipos de jatos (Antuniassi *et al.*, 2019). A interação entre pontas, herbicidas e adjuvantes proporcionam diferentes resultados ligados à formação das gotas, como por exemplo, o aumento ou diminuição do seu tamanho e peso no processo de formação das gotas em contato com a pressão exercida nas pontas e mudança do seu formato em associação com esses adjuvantes. Deixando uma ressalva de que é necessário se atentar ao fato de que diferentes produtos combinados, com diferentes tipos de pontas podem trazer diferentes resultados (Alves; Kruger; Cunha, 2018).

Como citado anteriormente, além da importância da ponta em relação à deriva, estas têm relação direta com a qualidade da aplicação, já que alguns autores trazem na literatura como o componente mais importante do pulverizador (Bauer; Raetano, 2004; Queiroz, 2022;

Raetano, Mota, 2019). A formação da gota se dá por um processo de etapas, onde a calda que está no tanque é levada através do pulverizador, chegando no bico com a pressão desejada, formando uma veia líquida desta mesma calda que sofre um estreitamento ao chegar na ponta que conta com uma abertura/seção/orifício de saída menor, causando assim o início da formação das gotas. Lembrando que cada tipo de ponta tem um tipo diferente de orifício de saída, característica que proporciona os diferentes perfis de distribuição, vazão (que também é dependente da pressão) e ângulo da formação desses jatos (Minguela, 2011; Raetano, Mota, 2019).

Por padrão, as empresas fabricantes seguem orientações baseadas em cores e códigos para padronizar as especificações das pontas. Outro ponto importante vem com o material, que pode proporcionar maior resistência e durabilidade das pontas, uma vez que pontas que sofreram desgaste devido ao uso, não conseguem proporcionar maior uniformidade em sua distribuição.

Além da importância ligada às pontas de pulverização, o uso de adjuvante também tem influência sobre a formação das gotas e sua deposição no alvo, uma vez definidos pelo decreto 4.074/2002 como “produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar sua aplicação”, os adjuvantes tem a capacidade de promover ajuda quanto à uniformidade, deposição, quebra de tensão, espalhamento, além de outras que participam desse processo de formação das gotas (Tecnologia de aplicação para culturas anuais., 2019).

4.3.4 Volume de aplicação de calda

Assim como foi destacado anteriormente, com as altas nos preços dos produtos fitossanitários, falta desses produtos no mercado, aumento da necessidade por conta da frequente demanda desses produtos para controlar plantas daninhas que estão cada vez mais desenvolvendo resistência, temos uma utilização por parte dos produtores que vem diminuindo o volume de aplicação para conseguir uma possível economia. A aplicação em volumes menores, se tornou tecnologicamente possível com o passar dos anos e ao mesmo tempo, melhor quando pensamos no ponto de vista ambiental, porém, requer cada vez mais capacidade operacional de pessoas ligadas ao uso das novas tecnologias (Antuniassi *et al.*, 2019).

Dentro da tecnologia de aplicação, trabalhar nos extremos de volume aplicado pode causar problemas, levando em consideração o alvo a ser atingido (espécie da planta, inseto, fungo, ou qualquer outro alvo). Dentro dessa situação, também deve-se estar atento quanto às condições climáticas antes, durante e após a aplicação para definição do volume ideal para

aplicação. Por fim, mas não menos importante, a relação entre volume de aplicação a ser aplicado também se configura como característica para definição, entrando em uma posterior relação entre ambas e o alvo a ser atingido (Raetano, Boller, 2019).

Ainda de acordo com Negrisoni *et al.* (2021), o volume de calda aplicado em 3 diferentes tipos de ponta, conseguiu promover diferenças na distribuição da mesma em relação ao perfil de aplicação coletado, mesmo que de maneira sutil, onde, em um volume maior, o pico de volume na área central do perfil sofreu mudanças semelhantes a um achatamento na representação desse perfil. Isso demonstra que o volume de calda pode ter ligação com a distribuição do perfil de aplicação de uma ponta.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Condução das plantas de capim-amargoso

A planta daninha utilizada nesse estudo foi o capim-amargoso (*Digitaria insularis*). Essa espécie foi definida pelo seu alto potencial de competição com as principais culturas do país, foram utilizadas panículas maduras de capim amargoso, coletadas em área sem histórico recente de uso de herbicidas.

O experimento em primeiro momento, foi estabelecido em estufa agrícola para desenvolvimento das plantas de capim-amargoso, onde foram utilizadas 40 repetições por tratamento, sendo que cada repetição é constituída por uma planta. Na sequência foi conduzido em laboratório com a utilização do pulverizador estacionário em sala fechada. As duas etapas foram desenvolvidas na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus Dracena, localizada no Estado de São Paulo, na latitude -21,45” Sul, longitude -51,55” Oeste e com altitude média de 373 m de altitude (Google Earth, 2023) como demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Descrição da localização de realização dos experimentos



Fonte: Google Earth, (2023).

Legenda: A) Localização do município de Dracena no estado de São Paulo; B) Localização do campus da UNESP de Dracena no município e C) Localização das estufas agrícolas para desenvolvimento das plantas de capim-amargoso e laboratório de Tecnologia de aplicação

Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade de 1 L e adicionado a mistura de substrato (Carolina Soil® CSC) e solo. A mistura foi constituída de 2 partes de solo de barranco com as seguintes características: pH: 4,4; M.O 6 g dm^{-3} ; P: 2 mg dm^{-3} ; S: $3 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; Al $^{+3}$: $3 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; H+Al: $19 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; K: $1 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; Ca: $7 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; Mg: $2 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; SB: $10 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; CTC: $29 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; V%: $34 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$, m%: $23 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$; para uma parte de substrato. Após realizada a mistura, foi distribuído da seguinte forma: 2/3 da mistura realizada anteriormente, fertilizante que foi aplicado e incorporado à mistura, os vasos sofreram uma leve batida para agregar o solo e no fim, receberam 1/3 apenas do substrato. As panículas de capim-amargoso foram agitadas sobre os vasos, proporcionando que as sementes caíssem naturalmente sobre o solo. Na sequência, foram realizadas irrigações por micro aspersão, mantendo-se a capacidade máxima de campo do solo até o início da germinação. Depois de germinadas, foram realizadas irrigações em intervalos maiores de tempo de acordo com a necessidade das plantas. O desbaste foi feito deixando apenas uma planta por vaso. As unidades experimentais (vasos), permaneceram em estufa agrícola em ambiente não controlado por todo o período de condução desse estudo. Aos 14 dias após a emergência foi realizado uma suplementação nutricional de 0,2g do fertilizante mineral 04-14-08 em cada vaso. A espécie alvo, foi submetida aos tratamentos quando as plantas atingiram o estágio de um perfilho com aproximadamente 7 cm de altura. Para garantir a utilização da quantidade necessária e seleção de plantas em um estágio fenológico semelhante, foi preparada uma quantidade maior de vasos e plantas.

5.2 Experimento 1: Influência do tamanho de gotas e volume de aplicação nos depósitos da pulverização em plantas de capim-amargoso.

5.2.1 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 tratamentos dispostos em esquema fatorial 2×2 , sendo esses constituídos por duas classes de gota (média e extremamente grossa) e dois volumes de aplicação (77 e 243 L ha^{-1}) com 40 repetições por tratamento, sendo que cada repetição foi constituída por uma planta. Estão descritos na Tabela 1, todos os tratamentos utilizados no experimento.

Tabela 1- Descrição dos tratamentos utilizados no experimento de deposição e controle

Tratamentos	Modelo da ponta ^a	Classe de gotas ^b	Pressão (kPa)	Vazão (L min ⁻¹)	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)
T1	LAD 11001	Média	200	0,32	77
T2	RDA 11001	Extremamente grossa	200	0,32	77
T3	LAD 11003	Média	200	0,96	230
T4	RDA 11003	Extremamente grossa	200	0,96	230

^a Solcerer Advanced Material/ ^b Dados encontrados no catálogo do fabricante

Na calda de cada tratamento (composta por água destilada + herbicida + óleo mineral a 0,5% v/v), foi adicionado o corante alimentício Azul Brilhante FCF na concentração de 2,0 g L⁻¹, para tornar possível a detecção da deposição nas plantas. Optou-se pela escolha do óleo mineral como adjuvante, pois possui características compatíveis de utilização nas caldas dos dois herbicidas utilizados no teste de controle, além de serem recomendados pelos fabricantes dos herbicidas. Foram realizados dois testes de deposição para os herbicidas cletodim e glufosinato de amônio.

5.2.2 Pulverização dos tratamentos

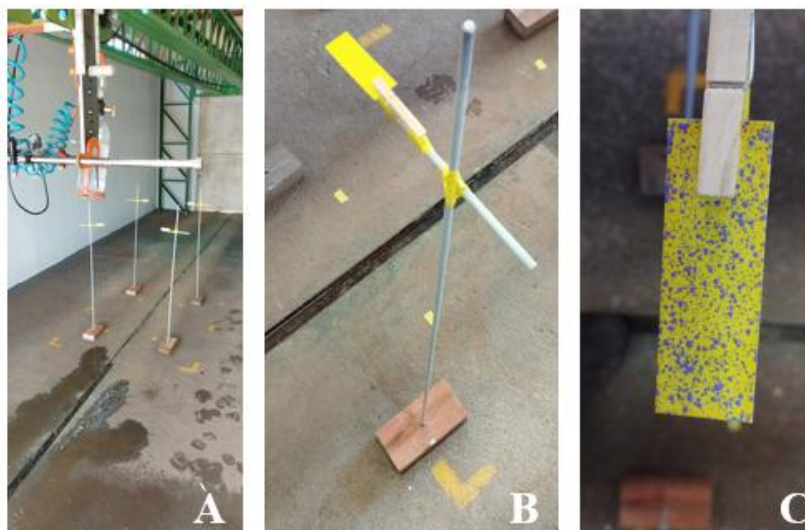
A pulverização dos tratamentos foi realizada pelo pulverizador estacionário em sala fechada, equipado com 2 bicos espaçadas em 0,5 m, deslocando na velocidade constante de 5 km h⁻¹ e com as pontas posicionadas a 0,5 m em relação ao topo das plantas. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas no momento das pulverizações por Termo-higrômetro.

5.2.3 Aplicação dos tratamentos em cartão hidrosensível

Para caracterizar os parâmetros de pulverização de cobertura e densidade de gotas, realizou-se a pulverização dos mesmos tratamentos e delineamento experimental descrito no item 2.2.1 em cartão hidrosensível. As pulverizações foram realizadas somente com água. Os cartões foram posicionados a uma altura de 50 cm de distância das pontas com o auxílio de uma haste de ferro com 1 metro de distância (Figura 2A) entre as hastes e um suporte prendedor de modo que a superfície do cartão ficasse na horizontal (Figura 2B e 2C).

Após a aplicação e secagem os cartões foram separados por tratamento e digitalizados em impressora na resolução de 600 dpi. As imagens foram submetidas à análise pelo software *Gotas*[®], desenvolvido pela Embrapa, onde foram determinados os parâmetros: porcentagem de cobertura e densidade de gotas.

Figura 2 – Aplicação de tratamentos em cartões hidrossensíveis



Fonte: imagens tiradas pelo próprio autor durante a realização das aplicações

Legenda: Hastes posicionadas abaixo da barra de pulverização para receber a aplicação dos tratamentos (A).

Detalhe das hastes contendo o cartão antes da aplicação (B). Cartão sensível a água após a aplicação (C).

5.2.4 Quantificação dos depósitos da pulverização

Após a pulverização dos tratamentos e a secagem da calda, as plantas foram cuidadosamente cortadas rente ao solo utilizando tesouras. Em seguida, foram acondicionadas em sacos plásticos e adicionado 70 ml de água destilada. Os sacos foram agitados para remover o corante do material vegetal. A solução resultante da lavagem foi transferida para potes de plástico para quantificação da absorbância em espectrofotômetro.

Após a extração do corante, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel perfurados para permitir a circulação de ar. As amostras foram levadas para uma estufa com circulação e renovação de ar a 65 °C para a secagem. Após um período de 96h, as plantas foram retiradas e a massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada utilizando uma balança analítica.

A absorbância das soluções de lavagem obtidas com os depósitos foi quantificada em espectrofotômetro no comprimento de onda 630 nm (Prado *et al.* 2015). Com base nas concentrações prévias da solução contendo o corante de 10; 5; 2,5; 1,25; 0,625 e 0,3125 mg L⁻¹ foi determinado a equação linear que permitiu transformar os valores de absorbância em concentração do corante (mg L⁻¹) conforme equação 1:

$$y = 7,2612x + 0,1237 \text{ (R}^2 = 0,99\text{)} \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

y = concentração do corante (mg L⁻¹)

x = absorbância determinada no espectrofotômetro

De acordo com a equação 2 foi possível estabelecer o volume retido nas plantas.

$$V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} \dots\dots\dots(2)$$

Em que: V_i = volume retido pela planta (ml); C_f = concentração detectada no espectrofotômetro (mg L^{-1}); V_f = volume de diluição da amostra (ml); C_i = concentração inicial na calda de aplicação (mg L^{-1}).

O volume retido na planta em mL foi convertido em microlitro e posteriormente dividido pela sua respectiva MSPA, obtendo-se assim a quantidade em $\mu\text{L g}^{-1}$ de MSPA. Com intuito de simular a quantidade de produto depositado sobre as plantas de capim amargoso e possibilitar uma comparação fidedigna dos dois volumes de aplicação, os dados em $\mu\text{L g}^{-1}$ de MSPA foram normalizados para μg do corante g^{-1} de MSPA adotando como referência a quantidade de 200 g do corante Azul Brilhante por hectare.

5.2.5 Uniformidade de distribuição da pulverização

A uniformidade de distribuição dos depósitos da pulverização nas plantas de capim-amargoso de cada tratamento foi analisada em função do coeficiente de variação (CV) (Miranda-Fuentes et al. 2015; Musiu et al. 2019) de acordo com a equação 2:

$$CV = \frac{DP}{\bar{X}} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Onde DP é o desvio padrão dos depósitos e $\bar{X}$ o valor médio quantificado nas plantas.

5.2.6 Análise dos resultados

Os valores de deposição em $\mu\text{L g}^{-1}$ de MSPA foram submetidos à análise de variância e quando significativo as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Testes de homogeneidade da variância e de distribuição do erro experimental (normalidade) dos dados foram realizados após análise e transformados.

5.3 Experimento 2: Influência do tamanho de gotas e volume de aplicação na fitotoxicidade de herbicidas em capim-amargoso

5.3.1 Descrição dos tratamentos

A planta alvo e a condução foram realizadas nas mesmas condições descritas no item 6.1.

O experimento foi realizado no delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo $2 \times 2 \times 6$, sendo duas classes de gotas (média e extremamente grossa),

dois volumes de aplicação (77 e 230 L ha⁻¹) e seis concentrações do herbicida com quatro repetições. Os tratamentos são os mesmos descritos no ensaio de deposição (Tabela 1). Considerando D a dose recomendada dos herbicidas para o controle do capim-amargoso, as concentrações dos herbicidas foram: 0 D (somente água); 8,8; 26,6; 80; 240; 720 g. ia. de cletodim (Freno 240 ec) e 0 D (somente água); 7,4; 22,2; 66,7; 200, 600 g.ia. de glufosinato de amônio (Finale®). As concentrações foram escolhidas por entender, após experimentos realizados anteriormente, que nesse intervalo de doses são suficientes para que o modelo adotado tenha bom ajuste.

As pulverizações da calda foram realizadas com o mesmo equipamento e regulagens descritas no item 5.2.2. Após aplicação, as plantas foram acondicionadas em estufa agrícola sem irrigação via aspersão por 24 horas para garantir a absorção do herbicida e, após esse período, irrigadas conforme necessidade. Aos 7, 14 e 21 e 28 dias após tratamento (DAT) foram realizadas avaliações visuais de controle, baseada no vigor, clorose, necrose e morte da planta, comparada com a testemunha (aplicação sem herbicida). Foi atribuída nota usando uma escala variando de 0% (sem efeito fitotóxico do herbicida) e 100% (quando as plantas estiverem mortas). Essa avaliação permitiu acompanhar os efeitos das doses e o comportamento das plantas após os tratamentos. Aos 28 DAT as plantas foram cortadas no nível do solo, colocadas em saco de papel e secadas em estufa de circulação e renovação de ar a 65 °C por no mínimo 96 horas para determinação da MSPA. A MSPA das plantas foi transformada em porcentagem de redução da MSPA (RMSPA) (Ferguson et al., 2018) comparando os tratamentos que receberam aplicação do herbicida com o tratamento controle de acordo com a equação 4:

$$RMSPA = \frac{C-T}{C} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

Onde: C = MSPA média das quatro plantas do tratamento controle e T = MSPA individual das plantas tratadas com herbicida.

5.3.2 Análise dos resultados

Os dados de resposta das avaliações visual de fitotoxicidade e RMSPA foram ajustados pelo modelo log-logístico proposto por Seefeldt (1995) como descrito pela equação 5:

$$Y = \frac{D}{1 + \exp [b (\log X - \log C50)]} \dots \dots \dots (5)$$

Em que: Y = resposta da RMSPA ou controle visual; X: dose do herbicida; D: limite superior da curva; b: declividade da curva; C50: dose necessária para proporcionar 50% de controle visual ou reduzir 50% de MSPA.

As análises das curvas de dose-resposta e os valores de *C50* foram determinados utilizando o pacote *drc* no software R (Ritz et al. 2012). Foi utilizado o teste lack-of-fit para verificar se houve bom ajuste das curvas utilizando o modelo de três parâmetros sendo aceito quando o valor de *P* for $\geq 0,05$. Os valores de *C50* foram comparados pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Condições climáticas no momento das aplicações

Durante as aplicações em todas as fases do experimento, foram registradas as temperaturas e respectiva UR no momento da aplicação, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 - Condições meteorológicas no momento das pulverizações dos experimentos de deposição e dose resposta.

Dados meteorológicos	DEP ¹	DEP ²	DRClet ¹	DRClet ²	DRGA ¹	DRGA ²
Temp. inicial (°C)	26,1	31,5	31,8	28,6	29	22
Temp. final (°C)	27,5	32,6	31,4	29,8	27,5	24,8
UR inicial (%)	83	69	65	72	63	68
UR final (%)	82	62	60	69	81	70
Data aplicação	15/11/23	07/12/23	24/02/24	16/03/24	13/04/24	15/05/24

DEP1: Primeiro ensaio de deposição/ DEP2: Segundo ensaio de deposição/ DRGA1: Dose resposta com primeira aplicação de glufosinato sal de amônio/ DRGA2: Dose resposta com segunda aplicação de glufosinato sal de amônio / DClet1: Dose resposta com primeira aplicação de cletodim / DClet2: Dose resposta com segunda aplicação de cletodim.

Esses dados indicam que tanto a temperatura quanto a umidade relativa nos períodos de aplicação não fugiram da faixa demonstrada na tabela 2, isso demonstra uma segurança em relação aos dados, pois nem a temperatura e nem a UR interferiram no desempenho das aplicações, o que poderia acontecer em caso de variações extremas durante as aplicações no período.

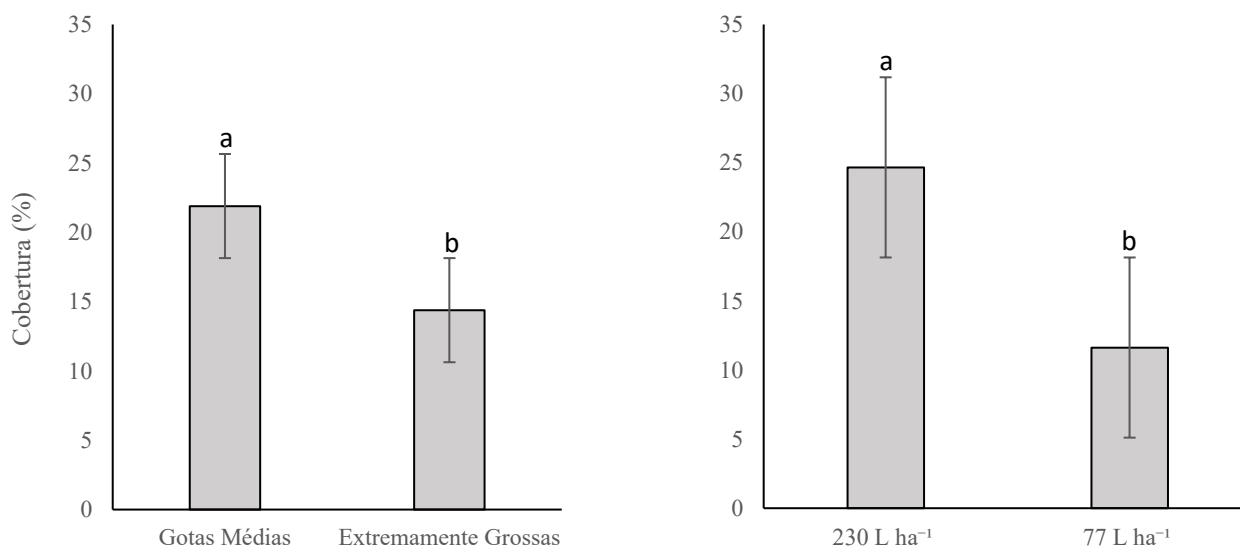
6.2 Deposição no cartão hidrossensível

A análise de variância indicou efeito significativo ($p < 0,001$) dos fatores tipo de ponta de pulverização e volume de calda sobre a deposição, quando avaliados de forma isolada, conforme demonstrado na Figura 3. A interação entre esses fatores não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade ($p = 0,3974$), indicando que os efeitos do fator ponta e volume atuam de forma independente sobre a variável resposta.

A ponta que gera gotas médias, associada ao volume de aplicação de 230 L ha^{-1} , apresentou a maior porcentagem de cobertura nos cartões hidrossensíveis. As médias diferiram significativamente entre os tratamentos, conforme indicado pelos testes de comparação múltipla.

Da mesma forma, o volume de 230 L ha^{-1} resultou em deposição significativamente superior ao volume de 77 L ha^{-1} .

Figura 3 – Resultados de cobertura obtidos após aplicações



Fonte: dados obtidos com a execução do experimento

Legenda: Deposição em cartão hidrossensível em função das pontas que produzem gotas médias e extremamente grossas (A). Deposição em cartão hidrossensível em função do volume de 77 L ha⁻¹ e 230 L ha⁻¹ (B).

Na busca de manter maior segurança em relação aos resultados obtidos com a deposição da calda, a aplicação em cartões hidrossensíveis foi utilizada, mostrando que existiu efeito significativo quando analisamos o tipo de ponta utilizado (que altera a classe de gota) e o volume de aplicação quando observados isoladamente, porém, a interação entre esses fatores não mostrou uma interferência significativa de influência na qualidade da deposição da calda. O que vem de encontro com o que foi encontrado por (Oliveira, O. G. T. M. *et al.*, 2021), que estudaram a influência do tamanho de gotas na qualidade da deposição, onde, foi constatado que o tamanho de gota não influencia na qualidade da deposição em *U. ruzizensis* que tem características morfológicas semelhantes a *D. insularis*.

6.3 Influência do tamanho de gotas e volume de aplicação nos depósitos em plantas de capim amargoso

O volume de 77 L ha⁻¹ se mostrou diferente estatisticamente ($P < 0.001$) quando comparado com o volume de 230 L ha⁻¹. Com isso, na aplicação com volume de calda de 77 L ha⁻¹ foi possível observar uma maior deposição normalizada nas plantas de *D. insularis*,

indicando uma maior eficiência de cobertura de superfície. Diferente daquilo que ocorreu com os tamanhos de gota alcançados pelas pontas utilizadas no experimento para os volumes testados, onde, pontas como LAD 11001 e LAD 11003 que produzem gotas médias e RDA 11001 e RDA 11003 que produzem gotas extremamente grossas, não mostraram diferença estatística (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de depósito normalizados em plantas de *Digitaria insularis*, expressos em micrograma por grama de matéria seca da parte aérea (MSPA), após pulverização com diferentes classes de gota e volumes de aplicação

Classe de gota	Volume de calda		Média
	77 L ha ⁻¹	230 L ha ⁻¹	
Gota média	26,8	18,7	22,8 a
Gota ext. grossa	26,9	19,5	23,2 a
Média	26,8 A	19,1 B	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Analisando o volume de aplicação, a maior deposição observada no tratamento com 77 L ha⁻¹ pode estar associada a maior eficiência na cobertura da superfície do alvo biológico, no caso as plantas de *D. insularis*, resultado que indica uma vantagem em determinadas situações de campo, onde se faz necessário atingir as plantas para uma maior eficiência de controle do herbicida.

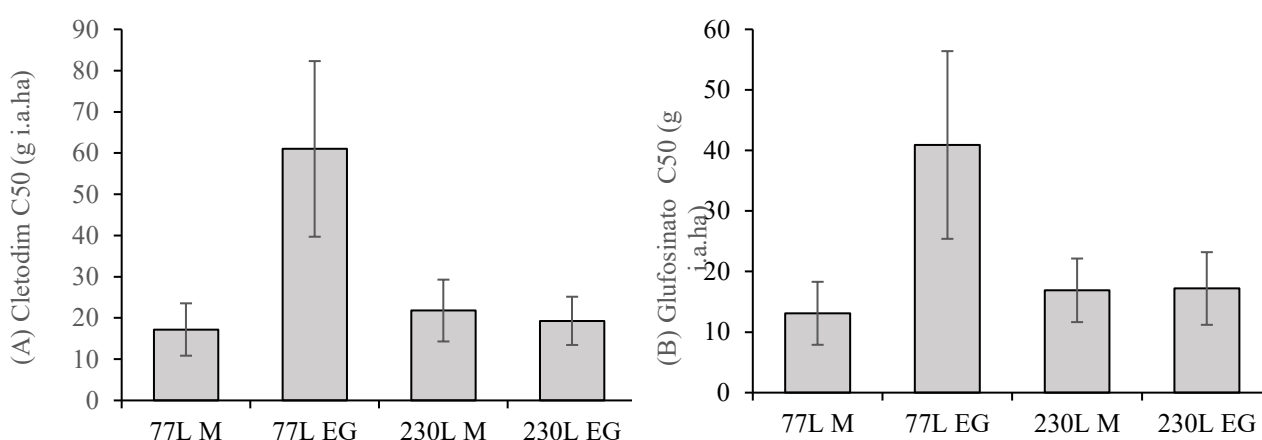
Como não existiu diferença significativa entre as classes de gota, observou-se que o tamanho de gota (classe), não interferiu diretamente no resultado da deposição. Outros fatores como umidade relativa do ar, arquitetura da planta, angulação das folhas e demais características, podem afetar a deposição da calda e interferir na eficiência do produto, deixando o espaço para novos estudos que possam verificar o efeito dessas características.

Além desses pontos, Bauer e Raetano (2004), indicaram em experimento com diferentes pontas e condições diversas, que o espaçamento entre bicos, altura da barra e a angulação do jato, podem influenciar na deposição do produto, tanto positivamente quanto negativamente. Também foi reportado por Negrisoni *et al.* (2021), que existe diferença na distribuição de calda de acordo com o tipo de ponta utilizado, levando até a uma alteração no espectro de gota.

6.4 Influência do tamanho de gotas e volume de aplicação no uso de herbicidas para a redução da MSPA capim-amargoso

O volume de 230 L ha⁻¹ foi mais semelhante em suas variações, tanto para as gotas médias quanto para gotas extremamente grossas. Porém, ao compararmos os valores de necessários de i.a. para atingir C50, o volume de 77 L ha⁻¹ com gotas médias, apresentou uma dose menor necessária para reduzir 50% da MSPA de capim-amargoso, em comparação com o volume de 77 L ha⁻¹ com gotas extremamente grossas como demonstrado na Figura 4 (A).

Figura 4- Efeito do volume de aplicação e classes de gotas na redução da MSPA de plantas de *D.insularis*



Fonte: dados obtidos com a execução do experimento

Legenda: (A) Interação entre o produto cletodim e os diferentes volumes de calda e classe de gota com sua eficácia para atingir a C50, onde, 77L M: Volume de calda de 77 L com gotas médias; 77L EG: Volume de calda de 77 L com gotas extremamente grossas; 230L M: Volume de calda de 230 L com gotas médias; 230L EG: Volume de calda de 230 L com gotas extremamente grossas. (B) Interação entre o produto glufosinato de amônio e os diferentes volumes de calda e classe de gota com sua eficácia para atingir a C50 onde, 77L M: Volume de calda de 77 L com gotas médias; 77L EG: Volume de calda de 77 L com gotas extremamente grossas; 230L M: Volume de calda de 230 L com gotas médias; 230L EG: Volume de calda de 230 L com gotas extremamente grossas.

As classes de gota média com 77 L ha⁻¹, média com 230 L ha⁻¹ e extremamente grossa com 230 L ha⁻¹, não diferiram entre si quando observado o intervalo de confiança. A ponta que proporciona classe de gota extremamente grossa no volume de 77 L ha⁻¹ diferiu em relação aos demais tratamentos. Podemos observar nas figuras 4 (A) com cletodim onde o padrão se mostrou similar quando aplicado o cletodim com os 4 tipos de pontas utilizados para atingir a quantidade mínima para chegar em C50 e iniciar a redução da MSPA.

De modo geral, após análise dos dados coletados durante experimento, ficou evidente que os volumes de aplicação de 77 L ha⁻¹ com gotas médias, 230 L ha⁻¹ com gotas médias e 230 L ha⁻¹ com gotas extremamente grossas foram mais eficientes, resultando em menores doses de cletodim necessárias para atingir 50% de redução da MSPA. Como é possível observar na

Figura 4 (A), as gotas extremamente grossas foram menos eficientes com o volume de 77 L ha⁻¹, necessitando de uma maior concentração de ingrediente ativo por hectare para alcançar C50. Porém, em volumes maiores, a eficiência melhorou significativamente, sendo comparável às gotas médias. A Tabela 4 mostra os valores dos parâmetros da equação para o herbicida cletodim e glufosinato.

Tabela 4 - Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida cletodim e glufosinato pulverizados em plantas de capim amargoso por diferentes volumes de aplicação e classes de gotas.

Tratamentos	C50 (g i.a. ha ⁻¹)	<i>b</i>	<i>D</i>	Lack-of-fit <i>P</i> -valores	<i>P</i> -valores (C50)
Cletodim					
GM 77	17,23	-1,585	71,30	0,9876	<0,001
GEG 77	61,03	-1,518	83,30	0,9876	<0,001
GM 230	21,80	-1,595	75,37	0,9876	<0,001
GEG 230	19,25	-2,122	70,76	0,9876	<0,001
Glufosinato					
GM 77	13,10	-1,529	88,21	0,7850	<0,001
GEG 77	40,93	-1,418	94,24	0,7850	<0,001
GM 230	16,88	-2,051	91,21	0,7850	<0,001
GEG 230	17,22	-1,697	93,45	0,7850	<0,001

GM 77: Gota média no volume de 77 L ha⁻¹; GEG 77: Gota extremamente grossa no volume de 77 L ha⁻¹; GM 230: Gota média no volume de 230 L ha⁻¹; GEG 230: Gota extremamente grossa no volume de 230 L ha⁻¹. C50/90: Dose necessária para reduzir 50% ou 90% da massa seca da parte aérea.

Com o glufosinato de amônio, o volume de 230 L ha⁻¹ também mostrou maior semelhança entre as classes de gota aplicadas, como demonstrado na Figura 4 (B). No caso de gotas médias, existiu uma variação entre as classes aplicadas, deixando o volume de 77 L ha⁻¹ com gotas médias bem próximo das duas variações do volume de 230 L ha⁻¹.

Gotas extremamente grossas mostraram-se menos eficientes em volumes mais baixos (77 L ha⁻¹), como indicado pelo maior valor de C50 em comparação com gotas médias.

Para o volume de 230 L ha⁻¹, as gotas extremamente grossas não se diferenciaram das gotas médias, sugerindo que a eficiência do herbicida não sofre diferença por efeito da classe de gota no maior volume.

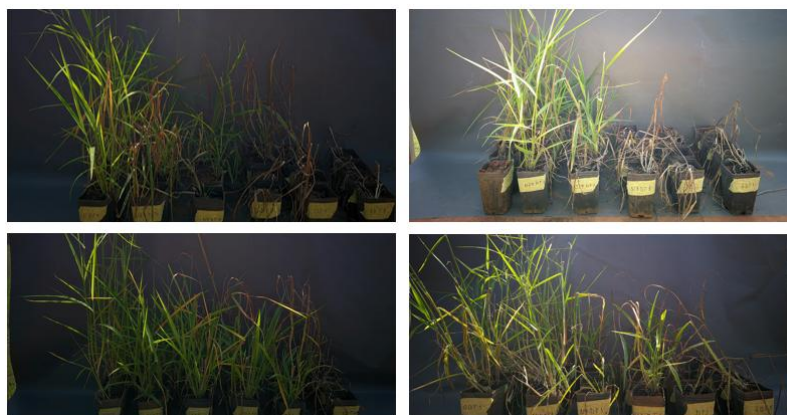
Sendo assim como também observado anteriormente nos resultados ligados à aplicação de cletodim, a aplicação de glufosinato indicou que o volume de aplicação de 77 L ha⁻¹ com gotas médias, exigiu menos produto para atingir 50% de redução da MSPA, porém, com intervalo de confiança se mostrando próximo das duas variações do volume de 230 L ha⁻¹. A Tabela 4 mostra

os valores dos parâmetros da equação o herbicida glufosinato de amônio e também é possível observar na penúltima coluna os valores encontrados no teste Lack-of-fit para todos os tratamentos, indicando todos os tratamentos com $P > 0,05$.

O volume de aplicação influenciou significativamente na performance do herbicida cletodim (Figura 4-A), isso é reforçado com o que é recomendado na bula do produto (Freno, Rotam) que indica o uso de um volume entre 100 a 250 L ha⁻¹ para aplicações terrestres. Levando isso em consideração, de maneira isolada, as pontas que produziram gotas extremamente grossas apresentaram maior C50 quando aplicado no volume de 77 L ha⁻¹. Isso destaca a importância de ajustar o volume de aplicação conforme o tamanho da gota utilizado para maximizar a eficácia do herbicida. Dado que novamente se assimila ao que foi encontrado por (Oliveira, O. G. T. M. *et al.*, 2021), indicando que dependendo da planta, a classe de gota pode interferir ou não, deixando um alerta e provocação para o melhor entendimento das tecnologias empegadas no momento de aplicação e ao alvo biológico em questão.

Gotas extremamente grossas podem ser mais adequadas para volumes maiores, enquanto gotas médias parecem ser mais versáteis, apresentando bom desempenho em diferentes volumes. O volume de aplicação de 77 L ha⁻¹ com gotas médias mostrou uma ligeira vantagem sobre o volume de 230 L ha⁻¹ mas, estatisticamente não difere entre as duas. Como destacado em revisão realizada por Cieslik *et al.* (2013) que fatores ambientais e até mesmo o volume de calda, podem afetar positivamente ou negativamente a aplicação de herbicidas inibidores de ACCase, isso ressalta a importância em buscar entender de maneira prática com a repetição dos métodos utilizados, em novos experimentos, qual o impacto real nas aplicações do produto. Isso mostra que a escolha da ponta de pulverização impacta na eficiência do produto, levando em consideração a diferença encontrada quando pulverizada no volume de 77 L ha⁻¹ com gotas EG. Na figura 5, é possível verificar as plantas de *D.insularis* após o período de avaliação com o efeito de diferentes doses de cletodim.

Figura 5: Tratamentos e efeito das diferentes doses de cletodim.



Fonte: próprio autor

No caso do herbicida glufosinato, o volume de aplicação desempenha um papel crítico na eficácia do produto, particularmente para gotas extremamente grossas. O volume de 77 L ha^{-1} foi o que apresentou menor eficiência quando aplicado com gotas extremamente grossa, apresentando menor C50 e consequentemente provocando menor redução da MSPA de *D. insularis* quando comparado com os demais tratamentos. A escolha do tamanho da gota deve ser cuidadosamente considerada, com gotas médias sendo mais adequadas para volumes menores, enquanto gotas extremamente grossas requerem volumes maiores para compensar a redução da cobertura e consequentemente maximizar a eficiência do herbicida.

Como notado por Hoffmann *et al.* (2023), produto de contato como o glufosinato que foi usado nesse estudo, apresentam maior dificuldade em controlar plantas que já estavam em estágio de desenvolvimento mais avançado, uma vez que sua ação acontece a partir do contato com a planta, por isso existe a importância em aplicar no momento certo para que a planta não apresente estruturas de defesa contra o produto. Diferente do que acontece com o cletodim (produto sistêmico), que mantém o controle em plantas mais desenvolvidas não ficando limitado ao tamanho da planta para o controle.

O volume de aplicação se mostrou extremamente importante em relação à eficácia dos herbicidas e classes de gotas, onde, entender a relação entre volume $\times$ classe de gota $\times$ herbicida, sempre observando as condições meteorológicas no momento da aplicação é crucial para o controle correto de *D. insularis*.

Produtos de contato e sistêmico se mostraram eficazes no controle do alvo quando aplicados próximos da dose recomendada pelo fabricante, com uma observação para o estágio fenológico do alvo em relação ao produto aplicado, podendo existir redução na eficácia do produto.

7 CONCLUSÕES

O uso dos cartões hidrossensíveis para verificar a deposição, mostrou que existe efeito isolado dos fatores estudados (classes de gotas e volume de aplicação), porém, a interação entre eles não mostrou um impacto quando comparados estatisticamente. Os dados obtidos demonstraram que, quanto menor a gota, maior foi a cobertura no cartão hidrossensível e quanto maior o volume de aplicação, maior foi a cobertura.

Quando verificada apenas a deposição da calda no alvo, o volume de aplicação de 77 L ha⁻¹ proporcionou maior deposição da calda em plantas de *D. insularis* do que o volume de 230 L ha⁻¹. A classe de gota média e extremamente grossa não interferiram na quantidade depositada nas plantas de *D. insularis* como observado na tabela 3.

Tanto na aplicação de cletodim e glufosinato, os volumes de 77 L ha⁻¹ com a produção de gotas médias, 230 L ha⁻¹ com produção de gotas médias e 230 L ha⁻¹ com produção de gotas extremamente grossas se mostraram mais eficientes quando observada a dose que atinge C50, causando a redução de MSPA em plantas de *D. insularis*. Para ambos os herbicidas, pontas com o volume de 77 L ha⁻¹ com produção de gotas extremamente grossa, mostrou uma maior variação e consequentemente, menor efeito na redução de MSPA nas plantas como demonstrado na figura 4 (B).

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S.; KRUGER, G. R.; CUNHA, J. P. A. R. da. Spray drift and droplet spectrum from dicamba sprayed alone or mixed with adjuvants using air-induction nozzles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], vol. 53, p. 693–702, 2018.
- ANDRADE, J. D. F.; PRESOTO, J. C.; CARVALHO, S. J. P. de. Interferência do estágio fenológico do capim-amargoso sobre a eficácia do herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [s. l.], vol. 18, n° 3, p. 671, 2019.
- BARROSO, A. A. M. **Caracterização genética e foliar de capim-amargoso resistente ao herbicida glyphosate e eficácia de seu controle com associação de herbicidas**. 2014. Mestrado em Fitotecnia - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20032014-163356/>. Acesso em: 17 mar. 2023.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzidas pelas pontas pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, [s. l.], vol. 22, n° 2, p. 275–284, 2004.
- BRANDÃO FILHO, J. U. T. *et al.* (orgs.). **Hortaliças-fruto**. [S. l.]: EDUEM, 2018. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/bv3jx>. Acesso em: 19 abr. 2023.
- BRANKOV, M. *et al.* Particle drift simulation from mesotrione and rimsulfuron plus thifensulfuron-methyl mixture through two nozzle types to field and vegetable crops. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], vol. 30, n° 13, p. 38226–38238, 2022.
- BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, A. G.; CANEPPELE, A. B.; TAKANO, H. K.; SILVA, A. G. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. D. Sourgrass interference on soybean grown in brazilian cerrado. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 350–358, 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252021000200350&tlng=en. Acesso em: 17 mar. 2023.
- PRESOTO, J. C.; ANDRADE, J. F.; SOUZA, L. A.; TEIXEIRA, L. S.; CARVALHO, S. J. P. Sourgrass phenological stage and efficacy of ACCase-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, [s. l.], v. 38, p. e020223617, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582020000100336&tlng=en. Acesso em: 17 mar. 2023.
- CARVALHO, L. B. de. Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e Respostas destas Espécies ao Glyphosate. [s. l.], 2011.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. Uso da escala bbch modificada para descrição dos estádios de crescimento das espécies de plantas daninhas mono- e dicotiledôneas. [s. l.], Disponível em: Acesso em: 17 mar. 2023.
- CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: revisão. **Planta Daninha**, [s. l.], v. 31, p. 483–489, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/WHd3pnXWpdGSfNNnTQhwnkN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2023.
- CORREIA, N. M.; RAMPAZZO, P. E.; ARAÚJO, L. da S.; ROSSI, C. V. S. Sensitivity of *Digitaria insularis* to herbicides in agricultural areas, in the Brazilian Cerrado biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 55, p. e01570, 2020. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/8qWwggdmQjb7Trx9hQc3mwc/?lang=en>. Acesso em: 11 abr. 2023.

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. **Planta Daninha**, [s. l.], v. 25, p. 203–210, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/gkS6d7JHjts9t6Fg5wSDHBH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2023.

GAZZIERO, D. L. P.; LOLLATO, R. P.; BRIGHENTI, A. M.; PITELLI, R. A.; VOLL, E. Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja. [s. l.], 2015.

GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; VARGAS, L.; ADEGAS, F. S. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. **Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja**, [s. l.], 2012. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=934948&biblioteca=vazio&busca=934948&qFacets=934948&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 5 abr. 2023.

GODINHO JÚNIOR, J. D.; VIEIRA, L. C.; PEREIRA, L. O. A.; RUAS, R. A. A.; FARIA, V. R.; CARVALHO FILHO, A. Deriva do herbicida 2,4-d aplicado com pontas hidráulicas de jato plano tipo leque. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 550–554, 2017. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v12i4a5470>. Acesso em: 24 maio 2023.

LEAL, J. F. L.; BORELLA, J.; SOUZA, A. dos S.; OLIVEIRA, G. F. P. B. de; LANGARO, A. C.; PINHO, C. F. de. Sourgrass and fleabane are controlled by haloxyfop-p-methyl and cloransulam-methyl interaction and interval of application. **Advances in Weed Science**, [s. l.], v. 39, p. e21237936, 2021. Disponível em: <https://awsjournal.org/article/sourgrass-and-fleabane-are-controlled-by-haloxyfop-p-methyl-and-cloransulam-methyl-interaction-and-interval-of-application/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

LORENZI, H. **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas**. 7. ed. Nova Odessa, SP, Brasil: Plantarum, 2014. 2014.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 641–647, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582006000400004&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 17 mar. 2023.

MEROTTO, A.; GAZZIERO, D. L. P.; OLIVEIRA, M. C.; SCURSONI, J.; GARCIA, M. A.; FIGUEROA, R.; TURRA, G. M. Herbicide use history and perspective in South America. **Advances in Weed Science**, [s. l.], v. 40, n. spe1, p. e020220050, 2022. Disponível em: <https://awsjournal.org/article/herbicide-use-history-and-perspective-in-south-america/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

MEROTTO JR., A.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G.; ALMEIDA, M. L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 9–16, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582002000100002&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 29 mar. 2023.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. da. **Manual de Aplicações de Produtos Fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 588 p.

NEGRISOLI, M. M.; SOUZA, D. M. D.; RODRIGUES, D. M.; JESUS, P. J. D.; RAETANO, C. G. Effect of angled spray nozzle designs on spray distribution and droplet spectrum. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 52, n. 3, p. 9, 2021. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/7043/1994>. Acesso em: 24 jul. 2023.

OLIVEIRA, G. M. P. de; GANDOLFO, M. A.; DALAZEN, G.; OSIPE, J. B.; OLIVEIRA, S. M. P. de; SILVA, M. A. de A. e. Análise de regressão para avaliar deriva de herbicidas e injúria em algodoeiro Roundup Ready em túnel de vento. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 52, n. 2, p. 1–8, 2021. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/7039>. Acesso em: 24 maio 2023.

PAGNONCELLI, F. D. B.; TREZZI, M. M.; SALOMÃO, H. M.; HARTMANN, K. C.; PEREIRA, P. B.; GONZALEZ-ANDUJAR, J. L. Demographics of glyphosate-resistant and susceptible Italian ryegrass populations from Paraná. **Advances in Weed Science**, [s. l.], v. 39, p. e02100011, 2021. Disponível em: <https://awsjournal.org/article/demographics-of-glyphosate-resistant-and-susceptible-italian-ryegrass-populations-from-parana/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. **Planta Daninha**, [s. l.], v. 21, p. 435–442, 2003.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. do A.; COSTA, S. I. de A.; CHRISTOVAM, R. de S. Taxa de aplicação e uso de surfactante siliconado na deposição da pulverização e controle da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 35, p. 514–527, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/WrKvN7DCmjX67Y5qH4yb6WS/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 31 maio 2023.

QUEIROZ, M. F. P. de. **Deriva e espectro de gotas de pontas com e sem indução de ar, na pulverização de 2,4-d isolado e em mistura com glyphosate**. 2022. 58 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/235841/queiroz_mfp_dr_botfca.pdf?sequence=7&isAllowed=y. Acesso em: 24 jul. 2023.

SILVA, B. M. da; RUAS, R. A. A.; SICHOCKI, D.; DEZORDI, L. R.; CAIXETA, L. F. **Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*)**. [s. l.], 2013. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/20281>. Acesso em: 8 maio 2023.

TAKANO, H. K.; DAYAN, F. E. Biochemical Basis for the Time-of-Day Effect on Glufosinate Efficacy against *Amaranthus palmeri*. **Plants**, [s. l.], v. 10, n. 10, p. 2021, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/10/2021>. Acesso em: 14 abr. 2023.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W.; ET AL. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais – 2ª Edição**. 2. ed. [S. l.]: Fepaf, 2019. Disponível em: <https://livraria.funep.org.br/product/tecnologia-de-aplicacao-para-culturas-anuais-2a-edicao/>. Acesso em: 12 jun. 2023.

WEBER, N. C. *et al.* Qualidade da aplicação de inseticida na cultura da soja realizada em diferentes condições climáticas e operacionais. **Energia na Agricultura**, [s. l.], vol. 34, nº 01, p. 124–133, 2019.

RAETANO, C. G.; MOTA, A. A. B. Pontas de pulverização hidráulicas. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. 2. ed. rev. ampl. cap. 4, p. 67-89.

RAETANO, C. G; BOLLER, W. Regulagens e calibração de pulverizadores. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. 2. ed. rev. ampl. cap. 5, p. 91-96.

RAETANO, C. G; CHECHETTO, R.G. Adjuvantes e formulações. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. 2. ed. rev. ampl. cap. 1, p. 29-40.