

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

João Miguel Bacci Ramos

Graduando em Engenharia Agrônoma

**DESEMPENHO DOS HERBICIDAS DIQUATE E
GLUFOSINATO DE AMÔNIO ASSOCIADO COM
ADJUVANTES NA DEPOSIÇÃO, OTIMIZAÇÃO DE DOSE
E RESISTÊNCIA A CHUVA SIMULADA EM PLANTAS DE
AMENDOIM- BRAVO (*EUPHORBIA HETEROPHYLLA*)**

Dracena

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

João Miguel Bacci Ramos

Graduando em Engenharia Agrônômica

**DESEMPENHO DOS HERBICIDAS DIQUATE E
GLUFOSINATO DE AMÔNIO ASSOCIADO COM
ADJUVANTES NA DEPOSIÇÃO, OTIMIZAÇÃO DE DOSE
E RESISTÊNCIA A CHUVA SIMULADA EM PLANTAS DE
AMENDOIM- BRAVO (*EUPHORBIA HETEROPHYLLA*)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Campus
de Dracena como parte das exigências
para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Pereira Prado

Dracena
2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Desempenho dos herbicidas diquate e glufosinato de amônio associado com adjuvantes na deposição, otimização de dose e resistência a chuva simulada em plantas de amendoim bravo (Euphorbia Heterophylla)


Modalidade: Trabalho de **Atividades de pesquisa**.


Autor: João Miguel Bacci Ramos


Orientador (a): Prof. Dr. Evandro Pereira Prado

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 19/06/2023


Prof. Dr. Evandro Pereira Prado


Prof. Dr. Diego Cunha Zied


Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

João Miguel Bacci Ramos, nascido em 28 de setembro de 2000, na cidade de Bragança Paulista/SP. Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP, campus de Dracena, em 2019. Membro do Núcleo de Estudo em tecnologia de Aplicação (NETA, FCAT/UNESP, 2021/2023). Durante a graduação realizou 1 projeto científico FAPESP com bolsa, voltado para a área de controle de plantas daninhas de amendoim-bravo *Euphorbia heterophylla*. Previsão para o término da graduação em dezembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Ricardo Ramos, minha mãe Flavia Bacci Ramos e Meus irmãos Ricardo Henrique Bacci Ramos e Ana Elisa Bacci Ramos que me educaram e me possibilitaram mais essa conquista, exemplos de vida fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças e motivação nesse longo caminho percorrido.

Aos meus pais Ricardo Ramos e Flavia Bacci Ramos que me deram todo o amor, suporte, motivação e dedicação todo esse tempo que passei longe de casa.

Ao meu irmão Ricardo Henrique Bacci Ramos que sempre me apoiou e me ajudou com conselhos e ensinamentos, sendo um espelho a ser seguido por mim.

A minha irmã Ana Elisa Bacci Ramos por todo incentivo e conselhos durante a graduação.

A minha cunhada Nayla Nogueira Cristovão que é um exemplo de Engenheira Agrônoma a ser seguido, que me ajudou e incentivou de muitas maneiras desde o começo.

A minha namorada Karina Garcia Leal por todo suporte, companheirismo e por sempre estar comigo nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Evandro Pereira Prado, por toda ajuda, conselhos, ensinamentos não só acadêmicos mas também pra minha vida pessoal durante a graduação e pela oportunidade de conduzir esse projeto de muita grandeza.

A todos os amigos de turma que passaram esse período comigo, especialmente o Mateus Tezoto, Victor Negri Libolio, Lucca Silva Cruz, Roberth Wicleff, Arthur lopes, Alan Bordim, João Pedro Mazeto, Guilherme Anjolete, Raphael Matias, só tenho a agradecer por toda amizade nesses anos.

A república “4 de paus” onde morei todos esses anos e tive muitos aprendizados que vou levar pra vida toda, agradeço também a todos os meus veteranos e bixos que convivi na república pelas amizades e histórias.

A UNESP – FCAT e todos os docentes e colaboradores que ajudaram na minha formação.

“Enquanto eles não se conscientizarem, não serão rebeldes autênticos e, enquanto não se rebelarem, não têm como se conscientizar.” (ORWELL, 1984).

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de quatro classes de adjuvantes: polioxietileno alquil fenol éter (Haiten[®]), copolímero poliéter polimetil siloxano (Break-Thru[®]), óleo mineral (Iharol Gold[®]) e éster metílico de óleo de soja (Rumba[®]) nos depósitos da pulverização, otimização de dose e resistência a chuva simulada após aplicação do herbicida diquate e glufosinato de amônio em plantas de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*). Os depósitos da pulverização foram analisados pela pulverização do corante alimentício Azul Brilhante. Os valores de deposição em $\mu\text{L g}^{-1}$ de massa seca da parte aérea (MSPA) foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Os dados de uniformidade de distribuição foram ajustados à regressão pelo modelo Logístico. Para verificar o efeito dos adjuvantes no controle de *E. heterophylla* foram pulverizados os herbicidas diquate e glufosinato de amônio nas doses de 3600; 1200; 400; 133; 44; 15; 5 e 0 (testemunha sem herbicida) g do i.a. ha⁻¹. As avaliações foram constituídas pelo controle visual e MSPA. Os tratamentos foram comparados pelos valores de C50 (dose necessária para proporcionar 50% de controle visual ou redução de 50% da MSPA). A resistência da chuva simulada com intensidade de 10 mm as 0,2; 0,4; 2; 4; 8 e 24h após a pulverização de diquate e aos 0,4; 2; 4; 8, 24 e 48h após pulverização de glufosinato, foi avaliada pelo controle visual e MSPA sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). O adjuvante Haiten adicionado na solução do herbicida diquate proporcionou o maior valor de deposição e a menor uniformidade. O adjuvante Iharol Gold adicionado na calda de glufosinato proporcionou os maiores valores de deposição. Break-Thru proporcionou os maiores valores percentuais de cobertura em cartões hidrossensível em ambos os herbicidas estudados. A adição de adjuvantes em calda de glufosinato não proporcionou incremento no controle de *E. heterophylla*. Já para o herbicida diquate a adição de adjuvantes proporcionou maior efetividade de controle. Um período mínimo de 8 horas sem chuva após a aplicação conferiu os maiores valores de redução da MSPA de *E. heterophylla* para os herbicidas glufosinato e diquate.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, controle químico, retenção foliar, dose-resposta.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of four classes of adjuvants: polyoxyethylene alkyl phenol ether (Haiten[®]), polymethyl siloxane polyether copolymer (Break-Thru[®]), mineral oil (Iharol Gold[®]) and soybean oil methyl ester (Rumba[®]) in spray deposits, dose optimization and resistance to simulated rain after application of the herbicide diquat and ammonium glufosinate in wild peanut plants (*Euphorbia heterophylla*). Spray deposits were analyzed by spraying Brilliant Blue food coloring. Deposition values in $\mu\text{L g}^{-1}$ of shoot dry mass (SDM) were submitted to ANOVA and means compared by Scott-Knott test ($p < 0.05$). Distribution uniformity data were regression-fitted by the Logistic model. To verify the effect of the adjuvants in the control of *E. heterophylla*, the herbicides diquat and ammonium glufosinate were sprayed at doses of 3600; 1200; 400; 133; 44; 15; 5 and 0 (control without herbicide) g of a.i. ha^{-1} . The evaluations consisted of visual control and SDM. Treatments were compared by C50 values (dose required to provide 50% visual control or 50% reduction in MSPA). The resistance of simulated rain with an intensity of 10 mm at 0.2; 0.4; two; 4; 8 and 24h after diquat spraying and at 0.4; two; 4; 8, 24 and 48h after glufosinate spraying, was evaluated by visual control and SDM, with the means of the treatments being compared by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). The Haiten adjuvant added to the diquat herbicide solution provided the highest deposition value and the lowest uniformity. The Iharol Gold adjuvant added to the glufosinate mixture provided the highest deposition values. Break-Thru provided the highest percentage coverage values on hydrosensitive cards for both studied herbicides. The addition of adjuvants in glufosinate syrup did not provide an increase in the control of *E. heterophylla*. As for the herbicide diquat, the addition of adjuvants provided greater control effectiveness. A minimum period of 8 hours without rain after application gave the highest SDM reduction values of *E. heterophylla* for the herbicides glufosinate and diquat.

Keywords: Application technology, chemical control, leaf retention, dose-response.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Plantas de *E. heterophylla* recém emergidas em bandejas (a) e após o transplante em vasos (b)..... 21
- Figura 2. Simulador de pulverização estacionário (a) e plantas de *E. heterophylla* após a pulverização do tratamento com corante (b). 23
- Figura 3. Solução de lavagem em potes plásticos (a) e determinação da absorvância em espectrofotômetro (b). 23
- Figura 4. Frequência acumulada da deposição da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MSPA) proporcionada por diferentes adjuvantes em plantas de *E. heterophylla* utilizando o modelo logístico..... 32
- Figura 5. Valores estimados de C50 do herbicida glufosinato de amônio pulverizados de forma isolada ou na presença de adjuvantes no controle visual (a) e redução da massa seca da parte aérea (b) de *E. heterophylla*. 35
- Figura 6. Valores estimados de C50 do Diquate ou na presença de adjuvantes no controle visual (a) e redução da massa seca da parte aérea (b) de *E. heterophylla*. 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos adjuvantes.....	22
Tabela 2. Dados meteorológicas de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimentos, equação linear e coeficiente de determinação.	29
Tabela 3. Valores de deposição em plantas de <i>Euphorbia heterophylla</i> expressos em microlitro por grama de matéria seca da parte aérea (MSPA) após pulverização com diferentes caldas contendo adjuvantes associados ao herbicida diquate e glufosinato de amônio.....	30
Tabela 4. Estimativas de parâmetros do modelo logístico, que descrevem a deposição de calda em plantas de <i>E. heterophylla</i> quando submetidos à diferentes tipos de adjuvante.	31
Tabela 5. Porcentagem de cobertura nos cartões de papel hidrossensível após pulverização com diferentes caldas contendo adjuvantes associados ao herbicida diquate e glufosinato de amônia.....	33
Tabela 6. Dados meteorológicas de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimentos de dose resposta.	34
Tabela 7. Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida glufosinato pulverizados em plantas de <i>E. heterophylla</i> associados a diferentes adjuvantes.....	35
Tabela 8. Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida diquate pulverizados em plantas de <i>E. heterophylla</i> associados a diferentes adjuvantes.....	37
Tabela 9. Dados meteorológicas de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimente.....	38
Tabela 10. Controle visual de <i>Euphorbia heterophylla</i> submetidas a aplicação do herbicida diquate associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada após aplicação.	40
Tabela 11. Controle visual de <i>Euphorbia heterophylla</i> submetidas a aplicação do herbicida glufosinato associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada.	42
Tabela 12. Análise de variância dos dados de redução da massa seca da parte aérea de <i>Euphorbia heterophylla</i> submetidas a aplicação dos	

herbicidas diquate e glufosinato associados com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada. 43

Tabela 13. Redução da massa seca em porcentagem da parte aérea de *Euphorbia heterophylla* 20 DAA, submetidas a aplicação do herbicida glufosinato e diquate associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada. 44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Tecnologia de Aplicação	17
3.2 Adjuvantes	18
3.3 Herbicidas	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Experimento 1: Influência de adjuvantes em mistura com herbicidas na deposição em plantas de amendoim-bravo e espalhamento em alvos artificiais	20
4.1.1 Semeadura e condução das plantas	20
4.1.2 Descrição dos tratamentos	21
4.1.3 Pulverização dos tratamentos	22
4.1.4 Quantificação dos depósitos da pulverização	23
4.1.5 Quantificação da cobertura em cartão hidrossensível	25
4.2 Experimento 2: Eficiência de controle de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo	25
4.2.1 Semeadura e condução das plantas	25
4.2.2 Descrição dos tratamentos	25
4.3 Experimento 3: Influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo	26
4.3.1 Semeadura e condução das plantas em vasos	26
4.3.2 Descrição dos tratamentos	26
4.4 Forma de análise dos resultado	27
4.4.1 Análise estatística do experimento 1	27
4.4.2 Análise estatística do experimento 2	28

4.4.3 Análise estatística do experimento 3.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1 Experimento 1: Influência de adjuvantes em mistura com herbicidas na deposição em plantas de amendoim-bravo e espalhamento em alvos artificiais	29
5.1.1 Quantificação da cobertura em cartão hidrossensível.....	33
5.2 Experimento 2: Eficiência de controle de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo	34
5.3 Experimento 3: Influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo	38
6 Conclusões.....	45
7 REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O amendoim-bravo, planta alvo que foi escolhida nesse experimento é uma espécie invasora de muita importância em virtude do seu rápido desenvolvimento, ciclo curto e grande produção de sementes dificultando o seu controle. Ela está presente em todo território brasileiro então conhecer suas características e as melhores táticas de manejo de plantas daninhas é essencial para evitar danos as culturas.

A utilização de adjuvantes em mistura com herbicidas pós-emergentes pode ser uma importante ferramenta para aumentar a atividade biológica desses produtos (PANNACCI et al., 2010; HAMMAMI, et al., 2014; GITSOPOULOS et al., 2014; PRADO et al., 2016) e que pesquisas visando o entendimento da interação entre adjuvantes, herbicidas e características inerente a pulverização pode contribuir para o aumento da eficiência de controle de plantas daninhas por herbicidas.

Em grande parte das situações os maiores valores de deposição com boa uniformidade de distribuição sobre a superfície foliar aumentam a eficiência de absorção e conseqüentemente a atividade biológica do produto fitossanitário (SMITH et al., 2000). Assim, a correta escolha do adjuvante para determinado herbicida (HAMMAMI et al., 2011; CASTRO et al., 2014; GITSOPOULOS et al., 2014), as condições ambientais no momento da aplicação e a espécie a ser controlada (SHARMA e SINGH, 2000; GITSOPOULOS et al., 2014) são pontos cruciais a serem observados para proporcionar melhorias no controle de plantas daninhas, sendo pouco provável que um determinado tipo de adjuvante seja desenvolvido para ser usado em todas as aplicações de herbicidas (PENNER, 2000), o que torna difícil a escolha do produto mais apropriado.

A ocorrência de chuva logo após aplicação de herbicidas é um dos mais prejudiciais problemas podendo reduzir significativamente a eficiência de controle pela remoção do ingrediente ativo da superfície foliar (PANNACCI et al., 2010; KURNIADIE e UMIYATI, 2019), prejudicar a penetração e translocação da molécula herbicida nos tecidos da planta, sendo necessário, em muitos casos, a realização de outro tratamento, ocasionando perdas econômicas e contaminação ambiental.

Com a descontinuidade da utilização do herbicida paraquate no Brasil, a utilização de outros herbicidas como o diquate e o glufosinato de amônio tornou-se uma das opções pelos agricultores.

Na bula do herbicida diquate recomenda-se a utilização de espalhante adesivo não-iônicos para controle de diversas plantas daninhas e na dessecação pré-colheita de algumas culturas. No grupo dos adjuvantes não-iônicos existem vários produtos disponíveis no mercado, além de outros adjuvantes com propriedades espalhante/adesionante sendo relevante o entendimento de como esses produtos vão influenciar a performance do tratamento. Já a bula de glufosinato de amônio recomenda-se a adição de óleo mineral ou vegetal elevando a eficiência no controle.

Vale destacar que muitos herbicidas tem a eficiência de controle maximizada com a utilização de outras classes de adjuvantes (GITSOPOULOS et al., 2014; DALAZEN et al., 2020; MEHDIZADEH et al., 2020) e com a necessidade de mistura de dois ou mais herbicidas na solução da pulverização, torna-se ainda mais difícil a escolha do adjuvante mais apropriado para cada herbicida. Dessa forma, informações sobre o comportamento de adjuvantes em mistura com o herbicida diquate e glufosinato de amônio pode contribuir no controle químico de plantas daninhas.

2 OBJETIVOS

Esse estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de quatro classes de adjuvantes (polioxietileno alquil fenol éter, copolímero poliéter polimetil siloxano, óleo mineral e éster metílico de óleo de soja) nos depósitos da pulverização, otimização de dose e resistência a chuva simulada após aplicação dos herbicidas diquate e glufosinato de amônio em plantas de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*.)]

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Tecnologia de Aplicação

Segundo Contiero et al., (2018) a tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas é um dos mais multidisciplinares campos dentro da agricultura, havendo uma ampla diversidade de fatores que, interdependentemente, interferem na deposição do produto no alvo de forma eficiente e econômica. É de se considerar que um bom conhecimento desses fatores seja fundamental para a escolha da correta tecnologia a ser empregada.

Dessa forma não é difícil adquirir um produto ou equipamento de alta tecnologia, basta ter recursos financeiros; mas o grande 'gargalo' do aumento da produção e do crescimento é saber como utilizar esses produtos ou esses equipamentos. Muitos conhecimentos adquiridos nessa área ainda não estão sendo aplicados no setor produtivo, requerendo maior divulgação dos fundamentos básicos para que a aplicação seja realizada de forma correta e eficiente. (CONTIERO et al., 2018)

Os produtos fitossanitários tem contribuído há anos com as práticas agrícolas, um dos aspectos a serem exigidos para que a aplicação seja bem sucedida é o estudo das relações entre o tipo de alvo a ser atingido, a forma de ação do defensivo agrícola e a técnica utilizada para a aplicação (ANTUNIASSI, 2004). Segundo Costa et al., (2007), o que se enxerga no campo é a falta de informações em relação as tecnologias de aplicação, podendo não exercer um efeito desejável na produção (CUNHA et al., 2004).

Visando economizar financeiramente nas aplicações e melhorar a deposição, a escolha correta do adjuvante, bico e quantidade de produto são essências, a escolha do tipo de ponta de pulverização também afeta a deposição das gotas pulverizadas sobre as plantas.

Para Galli e Arruda (1985), Bauer e Raetano (2004), a uniformidade de cobertura da pulverização e o tamanho das gotas são fatores que necessitam do desempenho do órgão emissor de gotas, que, no caso dos pulverizadores, é o bico pulverizador, considerado a parte mais importante do equipamento. A avaliação de uma pulverização pode ser realizada através de um estudo da

deposição de gotas sobre superfícies-alvo, que podem ser naturais ou artificiais, de acordo com Aguiar Junior (2011).

3.2 Adjuvantes

Uma das principais formas de aumentar a eficácia de herbicidas e, ao mesmo tempo, minimizar seu impacto em organismos não alvos é através da correta seleção e adição de adjuvantes em calda de pulverizações (PANNACCI et al., 2010; JANKU et al., 2012; LI et al., 2016; CAÇÃO et al., 2019).

De acordo com Oliveira (2011) os adjuvantes são substâncias químicas que, quando utilizado com os defensivos agrícolas, melhoram a eficácia do produto, fazendo com que se adapte às mais variadas condições ambientais assumindo papel significativo para a produção, aplicação e comercialização dos produtos fitossanitários.

Entre os diversos tipos de adjuvantes existentes, pode-se mencionar: antideriva, surfactantes ou espalhantes, antiespumantes, corretores de pH, emulsionantes, entre outros.

A utilização de adjuvantes com propriedade surfactante pode aumentar o desempenho de herbicidas pós-emergentes pela redução da tensão superficial da calda, redução na porcentagem de gotas muito fina, minimizar o ricocheteamento das gotas após impacto nas folhas, permitir menor ângulo de contato entre gota e superfície foliar, aumentar o espalhamento e a área de contato da gota com a superfície da folha (MASSINON et al., 2014; MELO et al., 2015; PRADO et al., 2016) e por fim, proporcionar o aumento da concentração do ingrediente ativo retido e da quantidade absorvida pela superfície da planta (HOLLOWAY et al., 2000; FOSTER e KIMBERLEY, 2015; PALMA-BAUTIST et al., 2020).

A utilização desses produtos nas aplicações de herbicidas pode aumentar o espalhamento, a retenção e a penetração do ingrediente ativo pela superfície foliar. O emprego desses aditivos pode promover consideráveis benefícios econômicos e ambientais, devido à possibilidade de redução da dose do ingrediente ativo recomendada (MATUO et al., 1989; KIRKWOOD, 1993).

3.3 Herbicidas

Os herbicidas são um dos produtos mais recomendados para o controle das plantas daninhas nas lavouras. Com várias versões disponíveis no mercado, a aplicação desses defensivos agrícolas requer cuidado e responsabilidade, já que também podem afetar as culturas ou gerar resistência das plantas daninhas aos produtos.

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas assume grande importância, principalmente, em razão do limitado número de herbicidas alternativos para serem utilizados no controle dos biótipos resistentes. A resistência, em plantas daninhas, surge em função da pressão de seleção gerada pelo herbicida mediante processo de evolução independente, ou a resistência pode ser oriunda de processo de fluxo gênico com espécies cultivadas resistentes aos herbicidas (MAXWELL e MORTIMER, 1994; ROSO et al., 2010).

Essas características adquiridas em plantas daninhas aos produtos fitossanitários podem ser devidos a mutações no gene alvo do herbicida, resultando em insensibilidade, aumento ou super expressão da enzima alvo, metabolização desses compostos, absorção reduzida do produto, redução da quantidade do herbicida que atinge o local de ação na planta-alvo através de translocação reduzida, ou de seu sequestro e compartimentalização (ROSO e VIDAL, 2010).

O herbicida diquate pertence ao grupo dos bipyridílios atuando na inibição da fotossíntese pelo bloqueio da cadeia transportadora de elétrons no fotossistema I, levando a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) incluindo anion superóxido, peróxido de hidrogênio e radical de hidroxila (SHANER 2014). O desvio do fluxo de energia na fotossíntese para produção de radicais livres altamente reativos destrói as membranas celulares e desidrata as folhas rapidamente em poucas horas sob luz solar intensa (MARTINS, 2013).

O glufosinato causa danos associados ao acúmulo de amônia, destruição de cloroplastos, redução dos níveis de fotossíntese e redução na produção de aminoácidos, inibindo o processo de fotossíntese e morte celular (SAUER et al., 1987). Esse herbicida é amplamente utilizado na agricultura em escala mundial (BRUNHARO et al., 2014), especialmente em grandes culturas para a

dessecação de plantas daninhas e dessecação da cultura para adiantar/facilitar a colheita. Outro aspecto relevante para a utilização desse herbicida é seu crescente uso em substituição a outros grupos de herbicidas como o glifosato que já não controlam de forma eficiente as plantas daninhas em estudo.

A chuva logo após aplicação de herbicidas reduz sua eficiência no controle das plantas. Isto ocorre geralmente porque parte do produto, ainda não absorvida pela superfície foliar, pode ser lavada (Bryson, 1987; Anderson et al., 1993).

4 MATERIAL E MÉTODOS

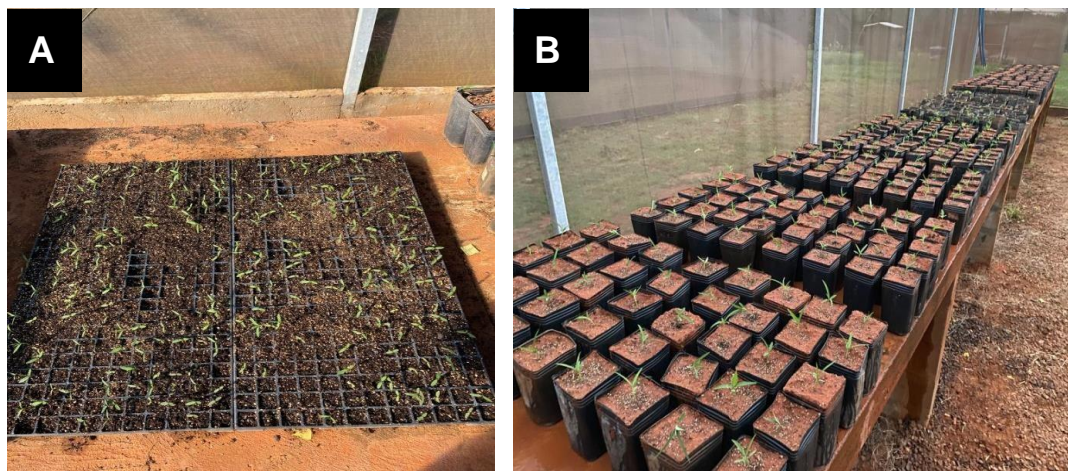
O projeto foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) - Campus de Dracena com colaboração de professores/pesquisadores da Unesp/Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus de Botucatu e da própria instituição. O projeto de pesquisa, para melhor entendimento, foi dividido em três experimentos:

4.1 Experimento 1: Influência de adjuvantes em mistura com herbicidas na deposição em plantas de amendoim-bravo e espalhamento em alvos artificiais

4.1.1 Semeadura e condução das plantas

Sementes de amendoim-bravo (*E. heterophylla*) foram obtidas na Agro Cosmos Ltda., empresa produtora de sementes de plantas daninhas. Foi realizada a semeadura em bandejas plásticas de 288 células contendo substrato vegetal (Carolina[®]) como ilustrado na Figura 1a. Aproximadamente duas semanas após emergências as plantas foram transplantadas para vasos de 0,8 L de capacidade contendo a mistura de três partes de solo encontrado na faculdade e uma parte de substrato (Carolina[®]). Essa operação é prática habitualmente realizada oferecendo um bom desenvolvimento e uniformidade de tamanho entre plantas.

Figura 1. Plantas de *E. heterophylla* recém emergidas em bandejas (a) e após o transplante em vasos (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Até a instalação do experimento foram realizadas irrigações diárias via aspersão conforme necessidade. Para todos os experimentos as plantas foram submetidas aos tratamentos (aplicações de herbicidas) quando estavam com altura entre 5 a 8 cm. Uma quantidade superior de plantas foram transplantadas para que fosse possível uniformizar os tratamentos. Fertilizações suplementares via solo foram realizadas conforme necessidade das plantas sendo 0,2g de 04-14-08 (Formulação do adubo).

A escolha do amendoim-bravo foi atribuída pelo alto potencial de competição e reprodução, folhas de difícil molhamento, desenvolvendo em uma ampla gama de condições ambientais, além de ser uma daninha que está presente em diversas áreas agricultáveis no Brasil e considerada de difícil controle (CHACHALIS, 2015; TREZZI et. al., 2021).

4.1.2 Descrição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado nos experimentos (herbicidas diquate e glufosinato de amônio) foi inteiramente casualizados com cinco tratamentos e 40 repetições sendo cada repetição constituída por um vaso com uma planta como ilustrado na Figura 1b. O diquate (Reglone) e o Glufosinato de amônio (Finale) foram analisados separadamente.

Os tratamentos utilizados para quantificar os depósitos da pulverização nas plantas de amendoim-bravo foram: T1: água destilada (AD) + herbicida + corante azul brilhante (CAB) [tratamento testemunha]; T2: AD + herbicida + CAB + polioxietileno alquil fenol éter; T3: AD + herbicida + CAB + copolímeropoliéter polimetil siloxano; T4: AD + herbicida + CAB + óleo mineral; T5: AD + herbicida + CAB + éster metílico de óleo de soja. Em todos os tratamentos a dose dos herbicidas foi de 400 g i.a. ha⁻¹ (dose recomendada para o controle de *E. heterophylla*) e a concentração do corante azul brilhante de 2,0 g L⁻¹.

. A dose dos adjuvantes e suas características estão descritas na Tabela 2. A escolha dos adjuvantes foi devido aos distintos ingredientes ativos e por representar uma das classes mais utilizadas pelos agricultores.

Tabela 1. Características dos adjuvantes.

Ingrediente ativo (i.a.) (comercial)	Concentração do i.a. L ⁻¹	Categoria agrônômica	Dose do p.c.	Fabricante
Polioxietileno alquil fenol éter (Haiten)	200,0 g	Espalhante adesivo	15 mL/100L	UPL do Brasil
Copolímero poliéter polimetil siloxano (Break-Thru)	1000 g	Espalhante adesivo	100 mL/100L	Evonik Degussa Brasil
Óleo Mineral (Iharol Gold)	756,8 g	Adjuvante	500 mL/100L	Ihara
Éster metílico de óleo de soja (Rumba)	765 g	Adjuvante	500 mL/100L	Adama

p.c. = produto comercial/ *dose utilizada no experimento/ As informações contidas na tabela foram extraídas da bula dos produtos.

4.1.3 Pulverização dos tratamentos

A pulverização foi realizada através do simulador de pulverização estacionário em ambiente fechado equipado com barra de 4 bicos espaçadas em 0,5 m pulverizando um volume de 96 L ha⁻¹ para todos os tratamentos (Figura 2a). A aplicação foi realizada na velocidade constante de 4 km h⁻¹ com pontas de jato plano AD 11001 (Magnojet®) mantidas a uma altura de 0,5 m em relação ao topo das plantas na pressão de 200 kPa produzindo gotas de tamanho médio.

Temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas no momento das pulverizações pôr termo-higrômetro digital.

Figura 2. Simulador de pulverização estacionário (a) e plantas de *E. heterophylla* após a pulverização do tratamento com corante (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 Quantificação dos depósitos da pulverização

Após pulverização e secagem da calda (Figura 2b) as plantas foram cuidadosamente cortadas rente ao solo com tesouras e acondicionadas em saco plástico. Em seguida, foi adicionado nos sacos plástico contendo o vegetal 70 mL de água destilada e posteriormente agitada para remoção do corante. A solução de lavagem foi transferida para potes plásticos com capacidade de 70 mL para quantificação da absorbância em espectrofotômetro como ilustrado na Figura 3a.

Após extração da solução de lavagem, foi retirado o excesso de líquido remanescente do vegetal, alocadas em saco de papel (perfurados para circulação de ar) e levados a uma estufa de circulação e renovação de ar. Após um período mínimo de 96 horas, a uma temperatura de 65 °C, as plantas foram retiradas e determinada a massa seca da parte aérea (MSPA) em balança analítica.

Figura 3. Solução de lavagem em potes plásticos (a) e determinação da absorbância em espectrofotômetro (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A absorvância das soluções de lavagem foi quantificada em espectrofotômetro no comprimento de onda 630 nm (PRADO et al., 2015) de acordo com a Figura 3b. Nas concentrações prévias do corante de 20; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,625 e 0,3125 mg L⁻¹ foi determinado a equação linear que permitirá transformarmos valores de absorvância em concentração do corante (mg L⁻¹) dos respectivos tratamentos. Com os valores de concentração do corante na calda, concentração do corante detectada em espectrofotômetro e volume de diluição da amostra foi possível estabelecer o volume retido nas plantas pela equação 1:

$$V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} \quad (1)$$

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, para melhor representação, foi convertido em microlitro e posteriormente dividido pela sua respectiva MSPA, obtendo-se assim a quantidade em $\mu\text{L g}^{-1}$ de MSPA.

4.1.5 Quantificação da cobertura em cartão hidrossensível

A avaliação do espalhamento de gotas (% cobertura) após a aplicação foi realizada pelo método da análise de imagens em cartões hidrossensíveis. Antes da pulverização foram posicionados em cada tratamento 4 placas de Petri contendo um único cartão na altura de 0,5 m em relação as pontas de pulverização. Após a pulverização, os cartões foram digitalizados por meio de scanner com resolução de 600 dpi. As imagens foram processadas utilizando o programa computacional "GOTAS" (Sistema de análise de deposição de agrotóxicos "GOTAS", versão 2.2), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Os tratamentos foram os mesmos descritos no item 4.1.2 sem o corante azul brilhante. As pulverizações foram nas mesmas configurações do item 4.1.3.

4.2 Experimento 2: Eficiência de controle de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo

4.2.1 Semeadura e condução das plantas

A espécie de planta daninha e condução das plantas foram realizadas nas mesmas condições descritas no item 4.1.1.

4.2.2 Descrição dos tratamentos

Os experimentos foram realizados no delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 (somente o herbicida; herbicida + polioxietileno alquil fenol éter; herbicida + copolímero poliéter polimetil siloxano; herbicida + óleo mineral e herbicida + éster metílico de óleo de soja) x 8 (concentrações do herbicida) com quatro repetições. As concentrações do i.a dos herbicidas não seletivo e de ação não sistêmica diquate e glufosinato de amônio foram de 0 (testemunha sem herbicida); 5; 15; 44; 133; 400; 1200; 3600

g do i.a. ha⁻¹. Os herbicidas foram aplicados separadamente sendo um experimento utilizando o herbicida diquate e outro o glufosinato de amônio.

A escolha dos herbicidas foi estabelecida pela ampla utilização especialmente em grandes culturas para a dessecação de plantas daninhas, plantas voluntárias e dessecação de algumas culturas para adiantar/facilitar a colheita.

As pulverizações foram realizadas nas mesmas condições descritas no item 4.1.3. Após aplicação, os vasos foram acondicionados em casa de vegetação sem irrigação via aspersão por período mínimo de 48 horas para garantir a absorção do herbicida.

Aos 20 dias após aplicação (DAA) do herbicida foram realizadas avaliações visuais de eficiência de controle baseadas no vigor, clorose, necrose e morte da planta, comparada com a testemunha (aplicação sem herbicida). Foi atribuída notas usando uma escala variando de 0% quando não existir sintomas visíveis de intoxicação e 100% quando as plantas estiverem mortas.

Aos 20 DAA as plantas foram cortadas no caule a uma altura de 1 cm acima do solo, identificadas, alocadas em saco de papel perfurados e transportadas para câmara de circulação de ar forçado, regulada a 65 °C por um período mínimo de 96 horas para determinação da MSPA.

4.3 Experimento 3: Influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo

4.3.1 Semeadura e condução das plantas em vasos

A espécie de planta daninha e condução foram realizadas nas mesmas condições descritas no item 4.1.1.

4.3.2 Descrição dos tratamentos

Os experimentos foram realizados no delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 (somente o herbicida ; herbicida + polioxietileno alquil fenol éter; herbicida + copolímero poliéter polimetil

siloxano; herbicida + óleo mineral; herbicida + éster metílico de óleo de soja) × 6 intervalos sem chuva simulada após a aplicação: 20; 40; 120; 240; 480 e 1.440 minutos para o herbicida diquate e 0,5; 2; 4; 8; 24 e 48h para o herbicida glufosinato de amônio com 4 repetições em cada experimento.

O efeito do herbicida foi analisado separadamente, ou seja, um experimento utilizando diquate e outro glufosinato de amônio. A dose de diquate e glufosinato de amônio foi de 400 g i.a. ha⁻¹ registrada para o controle de *E. heterophylla*.

As pulverizações foram realizadas nas mesmas condições descritas no item 4.1.3. A simulação de chuva foi realizada pelo simulador de precipitação calibrado para aplicar uma lâmina de 10 mm durante um tempo de aproximadamente 3 minutos. O simulador de chuva possui uma barra com 10 corpos de bicos único (Teejet -QJ17560A) espaçados entre si em 0,18 m sendo acoplado em cada bico a ponta de pulverização de jato plano com indução de ar de alta vazão (Teejet - AIC 11010) gerando gotas ultra grossas segundo fabricante. As plantas foram posicionadas a uma altura de aproximadamente 1,6 m em relação as pontas de pulverização.

Avaliações visuais de eficiência de controle e MSPA foram realizadas da mesma forma descrita no item 4.2.2.

4.4 Forma de análise dos resultado

4.4.1 Análise estatística do experimento 1

Os valores de deposição em $\mu\text{L g}^{-1}$ de MSPA e porcentagem de cobertura 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 prior análise.

Para verificar a uniformidade de distribuição os valores de deposição obtidos em cada experimento e tratamento foram padronizados, ordenados, e a partir deles calculados a distribuição normal (Gaussiana) representada por

$\int_{xi}^{Xi} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{x^2}{2}\right)}$ os quais foram tomados por xi para Xi observações (40 valores de deposição por tratamento). Para representar a frequência acumulada (F) da deposição da calda pulverizada nas plantas os dados foram ajustados pelo modelo Logístico de acordo com a equação 2:

$$Y = \frac{a}{1+e^{b-cx}} \quad (2)$$

Para cada tratamento foi utilizado o ajuste da regressão logística para verificação do comportamento da deposição proporcionada pelos diferentes tratamentos. Adotou-se o valor de aproximadamente 1 para o parâmetro “a” do modelo, que representa a assíntota máxima da curva. De forma geral, o deslocamento da curva ao longo do eixo x é representado pelo módulo do parâmetro “b” e a inclinação ou concavidade da curva em relação à frequência acumulada pelo parâmetro “c”. Quanto maior o valor do parâmetro “c” maior inclinação da curva evidenciando melhor uniformidade de distribuição dos dados (valores mais próximos da média). A precisão do ajuste dos dados do modelo será avaliada por meio dos coeficientes de determinação (R^2).

4.4.2 Análise estatística do experimento 2

Os dados de resposta das avaliações de controle visual e redução da MSPA foram ajustados pelo modelo log-logístico proposto por Seefeldt (1995) e utilizadas por Mohassel et al., 2011; Beckie et al., 2013 como descrito pela equação 3:

$$Y = \frac{D-C}{1+\exp\{b[\log(X)-\log(C50)]\}} + C \quad (3)$$

Em que: Y = resposta da redução da matéria seca da parte aérea; X = dose do herbicida; D = limite superior da curva; C = limite inferior da curva; b = declividade da curva; C50 = dose necessária para reduzir 50% da MSPA ou proporcionar 50% de controle visual.

As análises das curvas de dose-resposta e os valores de C50 foram determinados utilizando o *pacote drc* no software R (RITZ; STREIBIG, 2012). Foi utilizado o teste *lack-of-fit* para verificar se houve bom ajuste da curva utilizando o modelo de quatro parâmetros sendo aceito quando o valor de P da ANOVA for $\geq 0,05$ (RITZ; STREIBIG, 2005). Os valores de C50 foram comparados pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

4.4.3 Análise estatística do experimento 3

Os dados de controle visual e MSPA foram submetidos à análise de variância e o teste Scott-Knott ($p < 0,05$) foi utilizado para comparar as diferenças entre os tratamentos. Testes de homogeneidade da variância e de distribuição do erro experimental (normalidade) dos dados foram realizados prior análise.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento 1: Influência de adjuvantes em mistura com herbicidas na deposição em plantas de amendoim-bravo e espalhamento em alvos artificiais

As condições meteorológicas no momento da aplicação do experimento de deposição em plantas de *E. heterophylla* para o herbicida diquate e a equação linear determinada com valores de concentração previamente estabelecidos estão descritas na Tabela 1. As condições meteorológicas encontravam-se adequadas para aplicação.

Tabela 2. Dados meteorológicas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimentos, equação linear e coeficiente de determinação.

Experimento	Data	Temperatura $^{\circ}\text{C}$	U.R. (%)	Equação reta	R^2
Deposição – glufosinato	30/11/21	$25,8 \pm 0,9$	78 ± 2	$y = 7,4296x - 0,0101$	0,99
Deposição – diquate	16/02/22	$29,2 \pm 1$	$64,5 \pm 4$	$y = 7,2686x - 0,0204$	0,99

Obs: dados mensurados no laboratório onde está instalado o simulador de pulverização e precipitação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores de deposição em plantas de *E. heterophylla* expressos $\mu\text{L g}^{-1}$ de MSPA pulverizado com diferentes caldas contendo adjuvantes associados ao herbicida diquate e glufosinato de amônia estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de deposição em plantas de *Euphorbia heterophylla* expressos em microlitro por grama de matéria seca da parte aérea (MSPA) após pulverização com diferentes caldas contendo adjuvantes associados ao herbicida diquate e glufosinato de amônio.

Tratamentos	Herbicidas	
	Diquate	Glufosinato de amônio
Controle	99,1 b	149,6 b
Haiten	140,5 a	154,4 b
Break-Thru	101,9 b	90,3 c
Iharol Gold	96,2 b	191,4 a
Rumba	86,8 b	98,0 c

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Tabela 3, o tratamento com o adjuvante Haiten foi o que apresentou o maior valor de deposição diferindo dos demais tratamentos com adjuvantes e controle. Os demais tratamentos associados com adjuvante não diferiram do controle. Esperava-se que o tratamento com o adjuvante Break-Thru (siliconado) e com efeito expressivo na redução da tensão superficial de soluções, aumentasse a deposição da calda nas plantas de *Euphorbia heterophylla*.

Para o herbicida glufosinato de amônio o tratamento com o adjuvante Iharol Gold (Óleo Mineral) foi o que apresentou maiores valores de deposição diferindo do tratamento controle e demais tratamentos. O tratamento com os adjuvantes Break-Thru e Rumba apresentaram valores médio de deposição significativamente inferior ao tratamento controle. Em virtude de os adjuvantes apresentarem características de redução a tensão superficial de soluções (Prado et al., 2016) esperava-se que os tratamentos onde foram associados esses produtos apresentassem maiores valores de deposição.

As estimativas dos parâmetros do modelo logístico que descreve a deposição da calda nas plantas de *E. heterophylla* estão descritas na Tabela 4. Todos os tratamentos analisados apresentaram coeficiente de uniformidade (R^2) igual ou superior a 0,95 e 0,93 para diquate e glufosinato de amônio respectivamente, evidenciando bom ajuste da curva aos dados.

Tabela 4. Estimativas de parâmetros do modelo logístico, que descrevem a deposição de calda em plantas de *E. heterophylla* quando submetidos à diferentes tipos de adjuvante.

Parâmetros da equação	Tratamentos				
	Controle	Haiten	Break-Thru	Iharol Gold	Rumba
	diquate				
a	1,012	1,012	1,011	1,013	1,012
b	3,954	4,245	4,545	4,277	3,778
c	0,039	0,030	0,044	0,044	0,043
R ²	0,96	0,96	0,96	0,97	0,95
	Glufosinato de amônio				
a	1,011	1,011	1,008	1,012	1,008
b	5,962	5,186	3,910	5,527	6,009
c	0,039	0,033	0,043	0,028	0,061
R ²	0,97	0,94	0,93	0,96	0,96

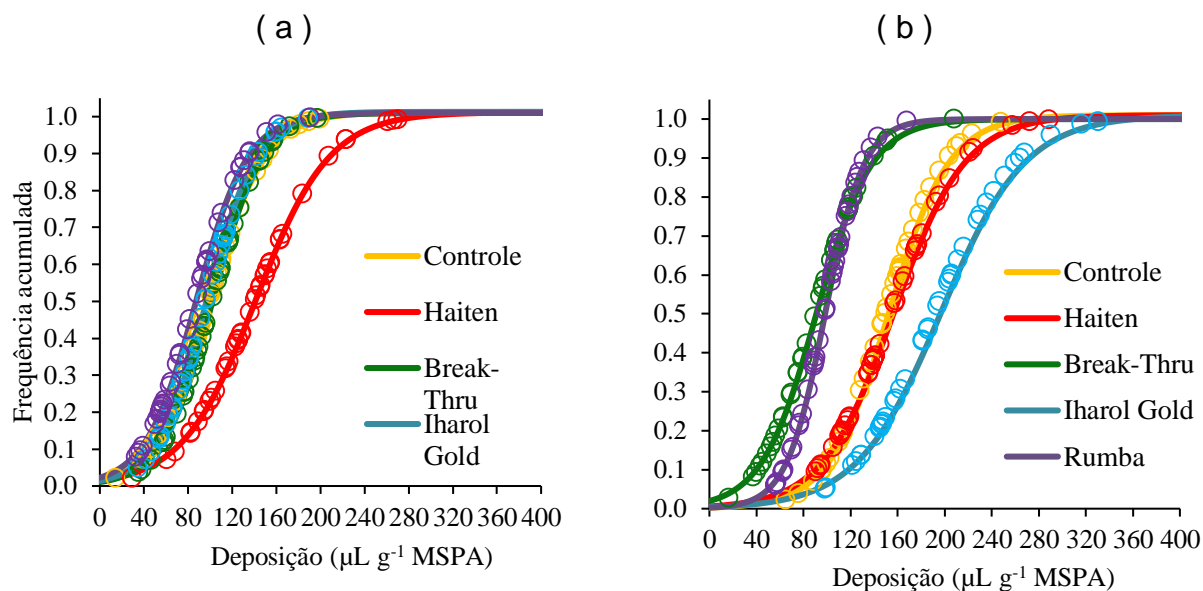
Fonte: Elaborado pelo autor.

No geral, houve pouca variação dos valores do parâmetro “c” para os tratamentos estudados no diquate. Maior uniformidade de distribuição dos depósitos da pulverização nas plantas de *E. heterophylla* foram observados nos tratamentos com Break-Thru e Iharol Gold com valores do parâmetro “c” de 0,044 para ambos. Já o menor valor do parâmetro “c” de 0,030 foi observado para o tratamento com o adjuvante Haiten (Tabela 4).

Nos tratamentos com glufosinato destaca-se o tratamento com o adjuvante Rumba que apresentou o maior valor do parâmetro “c” de 0,061. O tratamento com Iharol Gold apresentou o menor valor do parâmetro de 0,33 (Tabela 4).

Embora o tratamento com Haiten ter proporcionado o maior valor de deposição, essa deposição foi de modo heterogêneo onde a diferença entre as plantas que receberam os menores e maiores valores foram grandes. A frequência acumulada de deposição nas plantas de *E. heterophylla* em função da pulverização com diferentes adjuvantes pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4. Frequência acumulada da deposição da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MSPA) proporcionada por diferentes adjuvantes em plantas de *E. heterophylla* utilizando o modelo logístico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se no experimento com diquate menor inclinação na curva do tratamento com o adjuvante Haiten (menor valor do parâmetro “c” – Tabela 3) quando comparadas com as curvas dos demais tratamentos (Figura 4a).

De acordo com a Figura 4a, o tratamento com adjuvante Haiten demonstrou menor uniformidade de deposição entre as plantas com o menor valor de deposição de aproximadamente $30 \mu\text{L g}^{-1}$ MSPA e o maior valor de deposição de aproximadamente $280 \mu\text{L g}^{-1}$ MSPA. As curvas para os demais tratamentos apresentaram comportamento semelhante entre si.

Na Figura 4b observa-se maior inclinação das curvas para os tratamentos com os adjuvantes Rumba e Break-Thru e a maior inclinação para o tratamento com o adjuvante Iharol Gold. Os tratamentos com maior e menor uniformidade de distribuição foram respectivamente os que receberam os menores e maior valores de deposição.

Uma boa uniformidade de distribuição da calda herbicida nas plantas daninhas é fundamental para proporcionar maior efetividade de controle. Deposição pouco uniforme implica em plantas que recebem menor e maior quantidade de depósitos. Menor quantidade da calda herbicida depositado pode

resultar em falhas no controle e, em contrapartida, quantidade acima da dose desejada acarretará desperdício e aumento do potencial de impacto ambiental.

5.1.1 Quantificação da cobertura em cartão hidrossensível

A porcentagem de cobertura nos cartões de papel hidrossensível após a pulverização com diferentes caldas contendo adjuvantes associados ao herbicida diquate e glufosinato de amônio são descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Porcentagem de cobertura nos cartões de papel hidrossensível após pulverização com diferentes caldas contendo adjuvantes associados ao herbicida diquate e glufosinato de amônia.

Tratamentos	Herbicidas	
	diquate	glufosinato de amônio
Testemunha	30,7 c	36,2 b
Haiten	45,6 b	47,7 a
Break-Thru	67,5 a	48,1 a
Iharol Gold	31,0 c	39,4 b
Rumba	29,5 c	44,8 a

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tratamento com o adjuvante Break-Thru apresentou os maiores valores de cobertura seguido de Haiten para o herbicida diquate. A porcentagem de cobertura do tratamento com Iharol Gold e Rumba não diferiram do tratamento controle (Tabela 5).

Para o glufosinato de amônio os tratamentos com os adjuvantes Break-Thru, Haiten e Rumba apresentarem porcentagem de cobertura significativamente superior ao tratamento controle. O tratamento com Iharol Gold foi o único a não diferenciar do tratamento controle (Tabela 5).

No geral, os tratamentos que apresentaram as maiores porcentagem de cobertura foram aqueles em que os adjuvantes proporcionam as maiores redução da tensão superficial. De acordo com Prado et al. (2016) os adjuvantes da classe dos siliconados (Break-Thru) e etoxilados (Haiten) são os que mais reduzem a tensão superficial de soluções aquosas em especial o primeiro.

Menores valores de tensão superficial estão associados a maiores valores de cobertura o que corrobora com os resultados encontrados nesse estudo.

5.2 Experimento 2: Eficiência de controle de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo

As condições meteorológicas no momento da aplicação dos experimentos de dose resposta em plantas de *E. heterophylla* para o herbicida diquate e glufosinato estão descritas na Tabela 6. Para ambos os experimentos as condições meteorológicas no momento das aplicações encontravam-se com valores de umidade relativa adequada e temperatura no limite considerado adequado.

Tabela 6. Dados meteorológicas de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimentos de dose resposta.

Experimento	Temperatura °C	Umidade relativa (%)	Data
<i>Euphorbia heterophylla</i> - glufosinato	30 ± 3	68 ± 7	09/03/2022
<i>Euphorbia heterophylla</i> - diquate	29 ± 2	73 ± 8	28/03/2022

Obs: dados mensurados no laboratório onde está instalado o simulador de pulverização e precipitação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

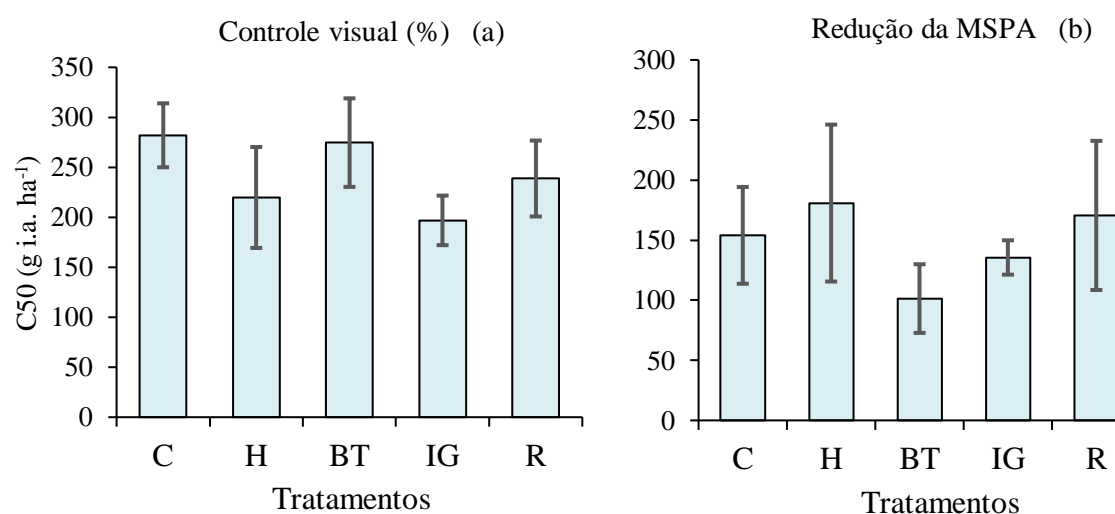
As estimativas dos parâmetros obtidos da regressão log-logística que descrevem o controle visual e redução da MSPA em plantas de *E. heterophylla* quando submetidas à aplicação do herbicida glufosinato com diferentes adjuvantes são descritas na Tabela 7. O modelo de 3 parâmetros para o controle visual e redução da MSPA apresentaram no teste lack-of-fit valores de *P* acima de 0,05 evidenciando bom ajuste das curvas.

Tabela 7. Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida glufosinato pulverizados em plantas de *E. heterophylla* associados a diferentes adjuvantes.

Tratamentos	C50 (g i.a. ha ⁻¹)	C90 (g i.a. ha ⁻¹)	B	C	D	Lack-of-fit P-valores	P-valores (C50)
Controle visual (%)							
Controle	282,0 (15,4)	516,6 (36,9)	-3,6 (0,5)	-	99,2	0,9542	< 0,001
Haiten	219,9 (24,5)	624,8 (155,0)	-2,1 (0,4)	-	100,4		< 0,001
Break-Thru	274,7 (21,4)	628,9 (90,5)	-2,7 (0,4)	-	101,0		< 0,001
Iharol Gold	196,9 (12,0)	293,4 (34,6)	-5,5 (0,8)	-	99,4		< 0,001
Rumba	238,9 (15,6)	432,4 (41,9)	-3,7 (0,4)	-	98,9		< 0,001
Redução da massa seca da parte aérea (%)							
Controle	154,8 (18,5)	377,1 (60,0)	-2,5 (0,4)	-	102,3	0,7360	< 0,001
Haiten	180,9 (32,1)	413,1 (71,7)	-2,7 (0,7)	-	102,5		< 0,001
Break-Thru	101,5 (14,0)	209,3 (50,5)	-3,0 (1,3)	-	101,7		< 0,001
Iharol Gold	135,6 (7,0)	178,1 (40,6)	-3,5 (0,8)	-	100,1		< 0,001
Rumba	170,6 (30,5)	314,2 (64,6)	-3,6 (1,1)	-	99,7		< 0,001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se na Figura 5 os valores estimados de C50 do herbicida glufosinato de amônio pulverizados de forma isolada ou na presença de adjuvantes no controle visual e redução da MSPA em plantas de *E. heterophylla*. Figura 5. Valores estimados de C50 do herbicida glufosinato de amônio pulverizados de forma isolada ou na presença de adjuvantes no controle visual (a) e redução da massa seca da parte aérea (b) de *E. heterophylla*.



Barras representam o intervalo de confiança a 95%. MSPA: massa seca da parte aérea. C: controle; H: Haiten; BT: Break-Thru; IG: Iharol Gold; R: Rumba

Fonte: Elaborado pelo autor.

No controle visual o adjuvante Iharol Gold apresentou a menor C50 sendo o único tratamento que diferiu do tratamento controle pelo intervalo de confiança (Figura 5a). Para a redução da MSPA não foi detectada diferença na C50 entre os tratamentos evidenciando que a adição dos adjuvantes não promoveu incremento na redução da MSPA das plantas de *E. heterophylla*.

Comportamento distinto entre os valores de C50 entre controle visual e redução da MSPA foram observados. No controle visual a menor C50 foi observado no tratamento com Iharol Gold sendo que na redução da MSPA esse mesmo comportamento não foi observado.

Esperava-se que pelo menos o adjuvante a base de óleo mineral proporciona-se aumento de eficácia do herbicida visto ter recomendação de uso pelo fabricante para controle de *D. insularis*. Resultados semelhantes ao encontrado nesse estudo foram reportados por Polli et al. (2021). Esses autores observaram baixa eficiência de controle visual, redução da biomassa seca e mortalidade de várias espécies de plantas daninhas ou até mesmo efeito antagônico quando acrescentado adjuvantes em soluções de glufosinato.

O não incremento da eficácia de controle do herbicida glufosinato em plantas de *D. insularis* provavelmente está associado com a absorção do i.a. pela planta, visto que os tratamentos com adjuvantes aumentaram a quantidade depositada. Na própria formulação comercial do herbicida glufosinato, utilizada nesse estudo, provavelmente já continha surfactantes e que a adição de outros adjuvantes em mistura pode não ter proporcionado efeito adicional de eficácia ou até mesmo efeito antagônico (POLLI et al., 2021)

As estimativas dos parâmetros obtidos da regressão log-logística que descrevem o controle visual e redução da MSPA em plantas de *E. heterophylla* quando submetidas à aplicação do herbicida diquate com diferentes adjuvantes são descritas na Tabela 8. O modelo de 3 parâmetros para o controle visual e redução da MSPA apresentaram no teste lack-of-fit valores de *P* acima de 0,05 evidenciando bom ajuste das curvas.

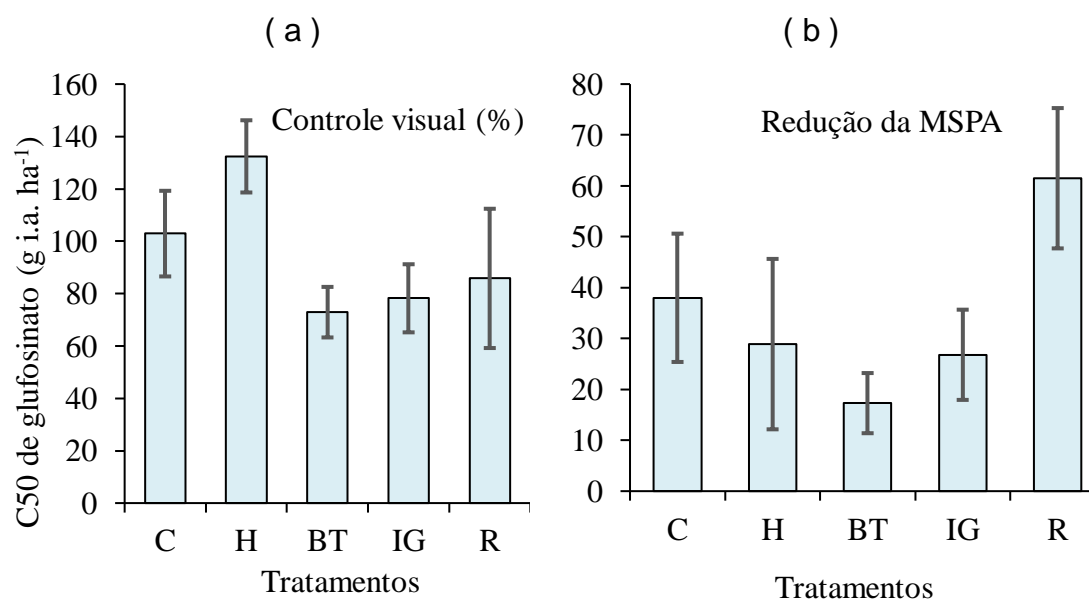
Tabela 8. Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida diquate pulverizados em plantas de *E. heterophylla* associados a diferentes adjuvantes.

Tratamentos	C50 (g i.a. ha ⁻¹)	C90 (g i.a. ha ⁻¹)	B	C	D	Lack-of P-valor
Controle visual (%)						
Controle	102,8	458,3	-1,47	-	100,5	0,994
Haiten	132,4	349,8	-2,26	-	101,0	
Break-Thru	72,8	123,5	-4,16	-	99,6	
Iharol Gold	78,1	119,2	-5,19	-	99,5	
Rumba	85,7	119,4	-6,63	-	99,8	
Redução da massa seca da parte aérea (%)						
Controle	38,0	149,2	-1,60	-	94,5	0,991
Haiten	28,8	532,5	-0,75	-	102,0	
Break-Thru	17,2	76,2	-1,47	-	92,1	
Iharol Gold	26,7	127,3	-1,40	-	95,0	
Rumba	61,4	164,0	-2,23	-	98,5	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se na Figura 6 os valores estimados de C50 do herbicida diquate pulverizados de forma isolada ou na presença de adjuvantes no controle visual e redução da MSPA em plantas de *E. heterophylla*.

Figura 6. Valores estimados de C50 do Diquate ou na presença de adjuvantes no controle visual (a) e redução da massa seca da parte aérea (b) de *E. heterophylla*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os adjuvantes analisados, Break-Thru foi o único que apresentou C50 para o controle visual significativamente inferior ao tratamento controle (Figura 6a). Para a redução da MSPA destaca-se novamente o tratamento com o adjuvante Break-Thru apresentando C50 menor ao tratamento controle. O tratamento com o adjuvante Rumba apresentou o maior valor de C50 diferindo pelo intervalo de confiança dos tratamentos com o adjuvante Break-Thru e Iharol Gold (Figura 6b). Grigolli et al. (2011) verificou que o comportamento do Rumba foi melhor quando comparado aos efeitos proporcionados pelo Iharol gold no controle da planta daninha (*E. heterophylla*) contrariando os resultados encontrados nesse estudo.

5.3 Experimento 3: Influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas associado com adjuvantes em plantas de amendoim-bravo

As condições meteorológicas no momento da aplicação dos experimentos verificando o efeito de adjuvantes no controle visual e redução da MSPA das plantas de *E. heterophylla* após simulação de chuva para o herbicida diquate e glufosinato estão descritas na Tabela 9. Para ambos os experimentos as condições meteorológicas no momento das aplicações encontravam-se adequadas. Temperatura em C° < 32; UR > 55%; vento 3 a 10 km/h.

Tabela 9. Dados meteorológicas de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimente

Experimento	Temperatura °C	Umidade relativa (%)	Data
<i>Euphorbia heterophylla</i> - glufosinato	27,5 ± 0,5	68 ± 7	07/04/2022
<i>Euphorbia heterophylla</i> - diquate	24,5 ± 0,1	79,5 ± 0,5	14/03/2022

Obs: dados mensurados no laboratório onde está instalado o simulador de pulverização e precipitação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 10 estão descritos os valores de controle visual de *E. heterophylla* submetidas a aplicação do herbicida diquate associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada após aplicação. Em todos os períodos avaliados os tratamentos com adjuvante apresentaram os maiores valores de controle visual de *E. heterophylla*.

Tabela 10. Controle visual de *Euphorbia heterophylla* submetidas a aplicação do herbicida diquate associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada após aplicação.

Tempo sem chuva*	Controle	Haiten	Break-Thru	Iharol Gold	Rumba	Média
2 DAA						
20 min	15	42	37	32	57	37 B
40 min	15	47	57	52	62	37 B
2 h	19	47	42	42	47	40 B
4 h	32	52	50	50	52	47 A
8 h	32	54	52	50	52	48 A
24 h	35	57	59	52	60	53 A
Média	25c	50b	50b	47b	55a	
6 DAA						
20 min	14	30	64	32	75	43 C
40 min	19	35	70	45	73	48 C
2 h	21	40	69	60	62	50 C
4 h	47	45	62	55	69	56 B
8 h	42	65	59	50	67	57 B
24 h	50	67	82	71	72	69 A
Média	32c	47b	68a	52b	70a	
10 DAA						
20 min	14	30	64	42	67	43 C
40 min	12	40	79	65	79	45 C
2 h	10	29	66	69	60	47 C
4 h	24	40	67	64	60	51 B
8 h	32	67	66	62	71	60 A
24 h	27	72	82	72	82	67 A
Média	20d	46b	71a	62b	70a	
14 DAA						
20 min	17	42	65	32	65	44 B
40 min	11	45	79	61	72	44 B
2 h	29	35	52	55	52	45 B
4 h	40	60	60	60	54	55 A
8 h	29	82	52	60	67	58 A
24 h	32	69	74	70	71	63 A
Média	26b	56a	64a	56a	64a	
20 DAA						
20 min	15	40	35	25	34	30 B
40 min	10	17	42	45	35	30 B
2 h	7	14	40	37	35	27 B
4 h	15	26	40	32	39	30 B
8 h	22	66	35	52	57	47 A
24 h	20	50	57	42	52	44 A
Média	15b	36a	42a	39a	42a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula da linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Tempo sem chuva após tratamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao período sem chuva após a aplicação verifica-se maiores valores médios de controle visual quando os tratamentos foram submetidos a chuva simuladas após um período de 8 horas após aplicação do herbicida (Tabela 10).

Na Tabela 11 estão descritos os valores de controle visual de *E. heterophylla* submetidas a aplicação do herbicida glufosinato associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada após aplicação. Com exceção da avaliação realizada aos 2 DAA todos os tratamentos com adição de adjuvante na calda de glufosinato não diferiu significativamente do tratamento controle.

Tabela 11. Controle visual de *Euphorbia heterophylla* submetidas a aplicação do herbicida glufosinato associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada.

Tempo sem chuva*	Controle	Haiten	Break-Thru	Iharol Gold	Rumba	Média
2 DAA						
40 min	32	24	27	4	19	21 D
2 h	40	40	21	47	7	35 C
4 h	52	55	42	40	37	45 B
8 h	57	55	47	37	65	52 B
24 h	62	57	70	52	57	60 A
48 h	62	67	65	62	57	63 A
Média	51a	50a	46b	41b	44b	
6 DAA						
40 min	62	46	62	32	47	50 B
2 h	77	70	71	74	72	73 A
4 h	77	80	79	79	79	79 A
8 h	76	81	85	84	84	82 A
24 h	82	81	84	265	82	83 A
48 h	84	85	84	82	79	88 A
Média	77a	74a	77a	103a	74a	
10 DAA						
40 min	50	72	75	70	74	68 B
2 h	85	84	85	77	80	82 A
4 h	80	80	85	87	75	81 A
8 h	77	93	85	86	86	86 A
24 h	80	93	89	87	86	87 A
48 h	88	92	94	90	82	89 A
Média	77a	86a	85a	83a	81a	
14 DAA						
40 min	66	56	66	49	65	60 C
2 h	75	66	76	65	65	69 B
4 h	79	61	70	79	71	72 B
8 h	74	96	66	76	85	79 A
24 h	75	93	80	86	87	84 A
48 h	82	91	94	92	84	89 A
Média	75a	77a	75a	75a	76a	
20 DAA						
40 min	44	56	60	25	22	41 B
2 h	63	40	50	31	15	40 B
4 h	59	42	55	59	25	48 B
8 h	59	87	42	52	61	60 A
24 h	47	87	65	76	85	72 A
48 h	50	92	84	92	65	76 A
Média	54a	68a	59a	56a	46a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula da linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Tempo sem chuva após tratamento.

Em relação ao período sem chuva após a aplicação verifica-se maiores valores médios de controle visual quando os tratamentos foram submetidos a chuva simuladas após um período de 8 horas após aplicação do herbicida considerando as avaliações realizadas aos 14 e 20 DAA (Tabela 11).

A Análise de variância de redução da MSPA de *E. heterophylla* submetidas a aplicação dos herbicidas diquate e glufosinato associados com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada está descrita na Tabela 12. Para o herbicida glufosinato houve significância somente para o fator tempo sem chuva após aplicação. Já para o herbicida diquate os fatores adjuvantes a tempo sem chuva foram significativos (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância dos dados de redução da massa seca da parte aérea de *Euphorbia heterophylla* submetidas a aplicação dos herbicidas diquate e glufosinato associados com adjuvantes em diversos tempos sem chuva

Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P	glufosinato		diquate	
						SQ	QM	F	P
Adjuvante (A)	4	4,643	1,1608	0,535	0,7103	397,260	99,3149	25,746	0,0000
Chuva (C)	5	144,418	22,8837	10,547	0,0000	60,457	12,0915	3,135	0,0118
A × C	20	38,026	1,9013	0,876	0,6163	79,827	3,9913	1,035	0,4318
Resíduo	90	195,267	2,1696	-	-	347,177	3,8575	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 13 estão descritos os valores de redução da MSPA de *E. heterophylla* submetidas a aplicação dos herbicidas glufosinato e diquate associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada após aplicação.

Os resultados de redução da MSPA foram semelhantes aos obtidos na avaliação de controle visual. Em relação ao herbicida glufosinato não foi verificado diferença significativa entre os tratamentos que foram associados adjuvantes com o tratamento controle. Em relação ao tempo sem chuva após aplicação, verifica-se maiores valores de redução da MSPA pela aplicação de

glufosinato quando a simulação foi realizada 8 horas após aplicação (Tabela 13).

Tabela 13. Redução da massa seca em porcentagem da parte aérea de *Euphorbia heterophylla* 20 DAA, submetidas a aplicação do herbicida glufosinato e diquate associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada.

Tempo sem chuva*	Controle	Haiten	Break-Thru	Iharol Gold	Rumba	Média
Glufosinato						
40 min	41	58	49	26	49	45 B
2 h	50	59	50	56	46	52 B
4 h	58	62	58	58	53	57 B
8 h	73	79	54	69	80	71 A
24 h	72	73	80	85	89	79 A
48 h	76	85	76	84	73	79 A
Média	63a	68a	61a	63a	65a	
Diquate						
20 min	4	36	53	16	53	32 B
40 min	0	15	49	40	51	31 B
2 h	2	24	49	56	52	36 B
4 h	16	42	49	48	54	42 A
8 h	14	58	49	55	61	48 A
24 h	12	51	68	51	63	49 A
Média	8 c	37 b	53 a	44 b	56 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula da linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Tempo sem chuva após tratamento

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o herbicida diquate destaca-se os tratamentos com os adjuvantes Break-Thru e Rumba que obtiveram os maiores valores médios de redução da MSPA diferenciando significativamente do tratamento controle e dos tratamentos com os adjuvantes Haiten e Iharol Gold. Em relação ao período sem chuva após aplicação, verifica-se maiores valores de redução da MSPA pela aplicação de diquate quando a simulação foi realizada 8 horas após aplicação (Tabela 13).

Após o período de 8 horas sem chuva não houve diferença na redução da MSPA tanto para o herbicida glufosinato quanto para diquate. Embora não analisado estatisticamente, verifica-se que o herbicida glufosinato apresentou os maiores valores de redução da MSPA de *E. heterophylla* com valores médios próximo a 80% quando a simulação de chuva foi realizada 24 e 48 horas após aplicação (Tabela 13).

Pelos resultados observados nesse estudo tanto para glufosinato quanto diquate é necessário um período mínimo de 8 horas sem chuva após aplicação desses herbicidas para oferecer melhores eficiência na redução da MSPA de *E. heterophylla*. Visto o aumento no uso desses herbicidas novos estudos relacionados a tecnologia de aplicação que aumente a efetividade de controle devem ser realizados especialmente em condições de campo.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo conclui-se que:

O adjuvante Haiten adicionado na solução do herbicida diquate proporcionou o maior valor de deposição e a menor uniformidade de deposição. O adjuvante Iharol Gold adicionada na calda de glufosinato proporcionou os maiores valores de deposição.

Break-Thru proporcionou os maiores valores percentuais de cobertura em cartões hidrossensível em ambos os herbicidas estudados.

A adição de adjuvantes em calda de glufosinato não proporcionou incremento no controle de *E. heterophylla*. Já para o herbicida diquate a adição do adjuvante proporcionou maior efetividade de controle.

Um período mínimo de 8 horas sem chuva após a aplicação conferiu os maiores valores de redução da MSPA de *E. heterophylla* para os herbicidas glufosinato de amônio e diquate.

7 REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. Rondonópolis: Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT, n. 08, p. 165- 177, 2004.]

ANDERSON, D.M.; ARNOLD, W.E. Rainfall effects on desmediphan and phenmediphan performance. *Weed Sci.*, v.33, p.391-394, 1985.

BECKIE, H.J. et al. Glyphosate-and acetolactate synthase inhibitor-resistant kochia (*Kochia scoparia*) in western Canada. **Weed science**, v.61, n.2, 310-318, 2013.

BRYSON, C.T. Effects of rainfall on foliar herbicides applied to seedling johnsongrass. *Weed Sci.*, v.2, p.153-158, 1987.

BRUNHARO, C.A.C.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n. 2, p. 163-177, 2014. CAÇÃO, J. E. et al. Spray retention on coffee leaves associated with type and concentration of adjuvants. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.5, p. 623-629, 2019.

CAÇÃO, JOSÉ E. DA C. R. ; MOREIRA, BRUNO R. DE A. ; RAETANO, CARLOS G. ; CARVALHO, FERNANDO K. ; PRADO, EVANDRO P. . SPRAY RETENTION ON COFFEE LEAVES ASSOCIATED WITH TYPE AND CONCENTRATION OF ADJUVANTS.

CASTRO, M.J.L; OJEDA, C.; CIRELLI, A.F. Advances in surfactants for agrochemicals. **Environmental chemistry letters**, v.12, n.1, p.85-95, 2014.

CHACHALIS, D., 2015. Wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*): an emerging weed in cotton and processing tomato in Greece. *Hell. Plant Prot. J.* 8, 27–32.

CONTIERO, R.L., BIFFE, D.F., and CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 401-449. ISBN: 978-65-86383-01-0.

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*, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan/mar, 2007.

FORSTER, W. A.; KIMBERLEY, M.O. The contribution of spray formulation component variables to foliar uptake of agrichemicals. **Pest management science**, v.71, n.9, p.1324-1334, 2015.

GITSOPOULOS, T. K.; DAMALAS, C. A.; GEORGOULAS, I. Improving diquat efficacy on grasses by adding adjuvants to the spray solution before use. **Planta Daninha**, v.32, n.2, p.355-360, 2014.

HAMMAMI, H.; RASHED-MOHASSEL, M. H.; ALIVERDI, A. Surfactant and rainfall influenced clodinafop-propargyl efficacy to control wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.). **Australian Journal Crop Science**, v.5, p.39-43, 2011.

HAMMAMI, H.; ALIVERDI, A.; PARSA, M. Effectiveness of clodinafop-propargyl, haloxyfop-p-methyl and difenzoquat-methyl-sulfate plus Adigor® and Propel™ adjuvants in controlling *Avena ludoviciana* Durieu. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 16, n. 2, p. 291-299, 2014.

HOLLOWAY, P.J. et al. Effects of some agricultural tank-mix adjuvants on the deposition efficiency of aqueous sprays on foliage. **Crop Protection**, v.19, n.1, p.27-27, 2000.

JAKELAITIS, A. et al. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 279-285, 2001.

JANKU, J. et al. Density and surface tension of aqueous solutions of adjuvants used for tank-mixes with pesticides. **Plant Soil Environ**, v.58, p.568-572, 2012.

GRIGOLLI, José Fernando Jurca et al. Controle de *Euphorbia heterophylla* com mesotrione e óleos para diferentes pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 266-276, 2011.

KIRKWOOD, R. C. Use and mode of action of adjuvants for herbicides: a review of some current work. *Pest. Sci.*, v. 38, p. 93-102, 1993.

KOGER, C.H.; DODDS, D.M.; REYNOLDS, D.B. Effect of adjuvants and urea ammonium nitrate on bispyribac efficacy, absorption, and translocation in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). I. Efficacy, rainfastness, and soil moisture. **Weed Science**, v.55, n.5, p.399-405, 2007.

KURNIADIE, D.; UMIYATI, U. Effect of rainfastness of herbicide potassium glyphosate to control weeds of oil palm. **Research on Crops**, v.20, n.4, 2019.

LACERDA ALS et al. Aplicação de dessecantes na cultura da soja: teor de umidade nas sementes e biomassa nas plantas. *Planta Daninha* 21: 427-434, 2003.

LI, J. et al. Comparative effects of different types of tank-mixed adjuvants on the efficacy, absorption and translocation of cyhalofop-butyl in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.). **Weed Biology and Management**, v.16, p.80-89, 2016.

MATUO, T.; NAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. Efeitos de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. *Summa Phytopathol.*, v. 15, p. 163-173, 1989.

MAXWELL, B. D.; MORTIMER, A. M. Selection for herbicide resistance. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. (eds.). *Herbicide resistance in plants, biology and biochemistry*. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.1-25.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina: Ciências biológicas e da saúde**, v. 34, n. 2, p. 175-186, 2013.

MASSINON, M.; BOUKHALFA, H. LEBEAU, F. The effect of surface orientation on spray retention. **Precision agriculture**, v.15, n.3, p.241-254, 2014.

MELO, A.A. et al. Impact of tank-mix adjuvants on deposit formation, cuticular penetration and rain-induced removal of chlorantraniliprole. **Crop Protection**, v.78, p.253-262, 2015.

MOHASSEL, M.H.R.; ALIVERDI, A.; RAHIMI, S. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl with adjuvants to control wild oat. **Industrial Crops and Products**, v.34, n.3, p.1583-1587, 2011.

NANDULA, V.K.; MOLIN, W.T.; BOND, J.A. Influence of Water Quality, Formulation, Adjuvant, Rainfastness, and Nozzle Type on Efficacy of Fomesafen on Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) Control. **American Journal of Plant Sciences**, v.9, n.08, p.1660, 2018.

PALMA-BAUTISTA, C. et al. Effect of adjuvant on glyphosate effectiveness, retention, absorption and translocation in *Lolium rigidum* and *Conyza canadensis*. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 297, 2020.

PANNACCI, E.; MATHIASSEN, S. K.; KUDSK, P. Effect of adjuvants on the rainfastness and performance of tribenuron-methyl on broad-leaved weeds. **Weed Biology and Management**, v.10, n.2, p.126-131, 2010.

PRADO, E.P. et al. Effects of silicone surfactant and application rates on spray deposition and soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.3, p.514-527, 2015.

PRADO, E. P. et al. Effects of agricultural spray adjuvants in surface tension reduction and spray retention on Eucalyptus leaves. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.40, p.3959-3965, 2016.

POLLI, E. G. et al. Influence of surfactant-humectant adjuvants on physical properties, droplet size, and efficacy of glufosinate formulations. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v.5, n.1, p. e20230, 2022.

RITZ, C.; STREIBIG, J.C. Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software*, Los Angeles, v.12, n.5, p.1-22, 2005.

RITZ, C.; STREIBIG, J.C. Dose response curves and other nonlinear curves in Weed Science and Ecotoxicology with the add-on package drc in R. **URL www.bioassay.dk [accessed on 15 March 2021]**, 2012.

ROSO, A. C.; VIDAL, R. A. V. A modified phosphate-carrier protein theory is proposed as a non-target site mechanism for glifosato resistance in weeds. *Planta Daninha*, v. 28, n. 5, p. 1175-1185, 2010. 45

ROSO, A. C. et al. Regional scale distribution of imidazolinone herbicide-resistant alleles in red rice (*Oryza sativa* L.) determined through SNP markers. *Field Crops Research*, n.119, p.175-182, 2010.

SAUER, H.; WILD, A.; RÜHLE, W. The effect of phosphinotricin (glufosinate) on photosynthesis. II. The causes of inhibition of cell photosynthesis. **Verlag der Zeitschrift für Naturforschung**, v.42, n.3, p.270-278, 1987. SEEFELDT, S.S.; JENSEN, S.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed Technology**, v.9, n.1, p.218-227, 1995.

SHANER, D. L. Lessons learned from the history of herbicide resistance. **Weed Science**, v. 62, n. 2, p. 427-431, 2014.

SMITH, D.B. et al. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. **Trans. ASAE**, v.43, n.2, p.255-259, 2000.

SHARMA, S.D.; SINGH, M. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. **Weed Research**, v.40, n.6, p.523-533, 2000.

TREZZI, M. M. et al. Influence of temperature on the retention, absorption and translocation of fomesafen and imazamox in *Euphorbia heterophylla*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 173, p. 104794, 2021.