

**“UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
CÂMPUS DE REGISTRO**

**“DETERMINAÇÃO DA DOSE ÓTIMA DE HERBICIDAS ASSOCIADOS AO
ADJUVANTE HERO NO VALE DO RIBEIRA PAULISTA”
TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA**

NATHAN LEWI VENCESLAU LIMA

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias do Vale do Ribeira
- Câmpus de Registro – UNESP, para graduação em
Engenharia Agrônômica.

REGISTRO – SP
1º Semestre/2025

**“UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
CÂMPUS DE REGISTRO**

**“DETERMINAÇÃO DA DOSE ÓTIMA DE HERBICIDAS ASSOCIADOS AO
ADJUVANTE HERO NO VALE DO RIBEIRA PAULISTA”
TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA**

NATHAN LEWI VENCESLAU LIMA

Orientadora: Profa. Dra. Elza Alves Corrêa

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de
ciências agrárias do Vale do Ribeira - Câmpus de
Registro – UNESP, para graduação em Engenharia
Agrônômica.

REGISTRO – SP

1º Semestre/ 2025

L732d Lima, Nathan Lewi Venceslau
Determinação da dose ótima de herbicidas associados ao adjuvante
hero no vale do ribeira paulista / Nathan Lewi Venceslau Lima. --
Registro, 2025
26 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade
de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Registro
Orientadora: Elza Alves Corrêa

1. Redução de dose. 2. Glyphosate. 3. Diquat. 4. Brachiaria
Decumbens. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

TÍTULO: "DETERMINAÇÃO DA DOSE ÓTIMA DE HERBICIDAS ASSOCIADOS AO ADJUVANTE HERO NO VALE DO RIBEIRA PAULISTA"

ACADÊMICO: Nathan Lewi Venceslau Lima

ORIENTADORA: Profa. Dra. Elza Alves Corrêa

PERÍODO: 9º Semestre 5º Ano

Aprovado: ☒

Reprovado: ☐

BANCA EXAMINADORA:

Presidente Profa. Dra. Elza Alves Corrêa *Elza*

Membro Prof. Assoc. Alex Mendonça de Carvalho *Alex*

Membro Profa. Dra. Kelly Botigeli Sevegnani *Kelly*

Registro, 25 / 06 / 2025

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus, pela vida e por todas as bênçãos concedidas.

À minha orientadora Professora Elza Alves Corrêa, pelas oportunidades, confiança, respeito e amizade.

Aos meus amigos Diogo Querido e Rafael Gregolin pelo apoio e auxílio em todas as etapas do trabalho.

Aos Professores da FCAVR que me permitiram adquirir todo o conhecimento, e me fizeram chegar até o final da minha formação com informações e conteúdo valiosos.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Registro (FCAVR), pela estrutura e oportunidades.

À minha república Capim-Knela, pelo companheirismo, amizade, ensinamento e todos os momentos vividos.

Aos meus amigos Marcos Saback, Valdislene Saback, Valdir Machado Filho, Assurbanipal, Eric Clapton, Marcelo Barbosa, Bruna Barbosa, Gustavo Damazio, Sérgio Nunes, Caio Marins, João Caporalli, Otávio Marques, Pedro Vilela, João Ferreira, João Ferro, Renan Pereira, João Lohn, João Barreta, Heitor Vieira, Leonardo Otero, Tassila Jacob, Arthur Barbosa, Rafaely Inocêncio, Felipe Ueda, Lennon Marques, Maiara Costa, Caio Campos e a todos outros pela amizade.

Ao meu eterno amigo Valdir Machado, pela confiança, pelos valiosos ensinamentos e por ser uma fonte inesgotável de inspiração em minha jornada.

Ao meu irmão Jonathan Venceslau, por todo o apoio incondicional, pelos ensinamentos compartilhados e pela amizade que me acompanha em cada passo.

Ao meu irmão Lucas Lewi, pela amizade e companheirismo.

Aos meus pais, José Augusto e Elisabete, por terem sido minha base em todos os momentos, pela formação, educação, força e compreensão. Sem vocês, esta conquista não seria possível.

À minha namorada Anna Luiza Policello, pelo companheirismo constante e pelo apoio incondicional que me fortaleceu em cada etapa desta jornada.

Muito Obrigado!!

EPÍGRAFE

“O sucesso nasce do querer, da determinação e da persistência em se chegar a um objetivo.”

José de Alencar

RESUMO

O uso intensivo de herbicidas tem gerado preocupações ambientais e econômicas, impulsionando a adoção de estratégias que aumentem sua eficiência e possibilitem a redução das doses aplicadas. Nesse contexto, os adjuvantes vêm ganhando destaque por potencializarem a ação dos herbicidas. *Brachiaria decumbens*, uma das principais espécies infestantes em áreas agrícolas, apresenta elevada resistência ao controle químico, exigindo abordagens mais eficazes. Este trabalho avaliou a eficácia de diferentes doses dos herbicidas Diquat + Amicarbazone (Dorai Max®) e Glyphosate (Xeque Mate®), ambos em associação ao adjuvante Hero, no controle de *B. decumbens*. O experimento foi conduzido em campo, na unidade Agrochá da Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (FCAVR/UNESP), com sete tratamentos por herbicida, totalizando 14 combinações. Foram testadas a dose recomendada de 2,5 L/ha e doses reduzidas (1,87; 1,25; e 0,625 L/ha), combinadas a concentrações crescentes de Hero (0,625; 1,25; e 1,87 L/ha). As parcelas mediam 3,0 x 5,0 metros, e as avaliações visuais de controle foram realizadas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA). Os dados foram analisados pelos testes F e t de Student (5%). Os tratamentos com doses reduzidas de herbicidas associadas a maiores concentrações do adjuvante apresentaram controle semelhante ou próximo ao da dose máxima dos produtos (2,5 L/ha). Do ponto de vista prático, a redução da dose representa uma alternativa promissora para a racionalização de custos, especialmente considerando o elevado preço de moléculas como o Diquat. Além disso, a diminuição do uso de herbicidas contribui para a mitigação dos impactos ambientais, como a contaminação do solo e da água, e a seleção de biótipos resistentes — desafios crescentes na agricultura contemporânea. Ressalta-se, contudo, que os resultados se referem a uma condição experimental específica, com uma única espécie-alvo, número limitado de tratamentos e ambiente controlado. Para validação e aplicação em larga escala, são necessários novos estudos que considerem diferentes condições edafoclimáticas, espécies daninhas e grupos de herbicidas.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, Diquat, Glyphosate, redução de dose.

ABSTRACT

The intensive use of herbicides has raised environmental and economic concerns, encouraging the adoption of strategies that enhance their efficiency and allow for dose reduction. In this context, adjuvants have gained prominence for boosting herbicide performance. *Brachiaria decumbens*, one of the main weed species in agricultural areas, shows high resistance to chemical control, requiring more effective management approaches. This study evaluated the efficacy of different doses of the herbicides Diquat + Amicarbazone (Dorai Max®) and Glyphosate (Xequ Mate®), both combined with the adjuvant Hero, in controlling *B. decumbens*. The field experiment was conducted at the Agrochá campus of the Faculty of Agricultural Sciences of the Vale do Ribeira (FCAVR/UNESP), with seven treatments per herbicide, totaling 14 combinations. The recommended dose of 2.5 L/ha and reduced doses (1.87; 1.25; and 0.625 L/ha) were tested in combination with increasing concentrations of Hero (0.625; 1.25; and 1.87 L/ha). Each plot measured 3.0 by 5.0 meters, and visual weed control assessments were performed at 7, 14, and 21 days after application (DAA). Data were analyzed using F and Student's t-tests (5%). Treatments with lower herbicide doses and higher adjuvant concentrations showed control levels similar to or approaching those of the maximum recommended dose. From a practical perspective, reducing herbicide volume represents a promising cost-saving strategy, especially considering the high cost of active ingredients such as Diquat. Moreover, lower herbicide application contributes to mitigating environmental impacts, such as soil and water contamination and the selection of resistant biotypes — increasingly critical challenges in modern agriculture. However, it is important to note that the results presented refer to a specific experimental condition, involving a single target species, a limited number of treatments, and a controlled environment. Further studies are needed to validate these strategies on a broader scale, considering different edaphoclimatic conditions, weed species, and herbicide groups.

Keywords: *Brachiaria decumbens*, Diquat, Glyphosate, dose reduction.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DO USO DE HERBICIDAS NA AGRICULTURA	9
2.2 ADJUVANTES COMO FERRAMENTAS PARA A OTIMIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS	9
2.3 MANEJO QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS COM ÊNFASE EM <i>BRACHIARIA DECUMBENS</i>	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....	12
3.2 TRATAMENTOS E SUA APLICAÇÃO.....	12
3.3 CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE INFESTANTE.....	13
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
6. CONCLUSÃO	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel fundamental na sustentação da vida humana, fornecendo alimentos, fibras e matérias-primas para diversas indústrias. No entanto, a produção agrícola enfrenta inúmeros desafios, sendo a competição por recursos entre plantas daninhas e culturas uma das questões mais críticas.

Nesse contexto, os herbicidas surgem como ferramentas indispensáveis no manejo dessas plantas, permitindo o controle seletivo de espécies indesejadas e garantindo a produtividade agrícola. Essa seletividade é alcançada por meio da formulação de moléculas específicas, que exploram diferenças bioquímicas entre as culturas e as plantas invasoras, favorecendo o desenvolvimento das espécies cultivadas ao garantir maior disponibilidade de nutrientes, água e luz solar.

Além disso, o uso adequado de herbicidas contribui para a redução da competição por recursos, resultando em colheitas mais abundantes e de melhor qualidade. Tal eficiência é essencial para atender às crescentes demandas alimentares impostas pelo aumento populacional, urbanização e mudanças climáticas. No entanto, o uso indiscriminado desses produtos pode gerar impactos ambientais e à saúde, exigindo práticas de aplicação mais responsáveis e o desenvolvimento de moléculas menos tóxicas e mais eficazes.

Nesse cenário, os adjuvantes têm se destacado por potencializar a ação dos herbicidas, melhorando características físico-químicas da calda e favorecendo a deposição, cobertura, espalhamento e absorção dos ingredientes ativos. O uso de adjuvantes adequados pode, inclusive, permitir a redução das doses aplicadas sem perda de eficácia, o que representa um importante avanço no manejo sustentável de plantas daninhas. A interação entre o tipo de herbicida e o adjuvante utilizado é fator determinante para o sucesso da aplicação, influenciada por condições ambientais e operacionais.

A redução das doses de herbicidas, mantendo a eficiência de controle, representa um avanço significativo no manejo de plantas daninhas, alinhado com os princípios da agricultura sustentável. Essa abordagem inovadora responde a preocupações ambientais, econômicas e de saúde, contribuindo para um equilíbrio mais saudável entre a produção agrícola e a preservação dos ecossistemas.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo determinar a dose ótima de herbicidas associados ao adjuvante Hero, avaliando sua eficácia no controle de plantas daninhas sob as condições locais, contribuindo para o avanço de práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância e Desafios do Uso de Herbicidas na Agricultura

A utilização de herbicidas representa uma das principais estratégias para o manejo eficiente de plantas daninhas na agricultura moderna. Esses compostos químicos atuam sobre processos metabólicos essenciais das plantas, como fotossíntese, síntese de aminoácidos ou divisão celular, promovendo a morte ou inibição do crescimento das espécies não desejadas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Eles podem ser classificados segundo o mecanismo de ação, seletividade, modo de aplicação (pré ou pós-emergência) e mobilidade (de contato ou sistêmico). A escolha do herbicida adequado depende de múltiplos fatores, como a espécie daninha a ser controlada, o estágio de desenvolvimento da planta, a cultura em questão e as condições ambientais no momento da aplicação. Apesar de sua eficiência comprovada, o uso indiscriminado de herbicidas tem gerado preocupações ambientais e agronômicas, como a contaminação do solo e da água, intoxicações acidentais e, sobretudo, o desenvolvimento de resistência em populações de plantas daninhas (HEAP, 2024).

Nesse cenário, ganha força a busca por estratégias que otimizem o uso desses produtos, reduzindo doses sem comprometer o controle, e promovendo a sustentabilidade da produção agrícola (SILVA et al., 2017).

2.2 Adjuvantes como Ferramentas para a Otimização da Aplicação de Herbicidas

Entre essas estratégias, o uso de adjuvantes tem se mostrado particularmente promissor. Adjuvantes são substâncias adicionadas às caldas de pulverização com o objetivo de melhorar as características físico-químicas da solução e, conseqüentemente, aumentar a eficácia dos defensivos agrícolas (ANTUNIASSI; BOLLER, 2022).

Eles podem atuar de diferentes formas: como surfactantes, espalhantes, penetrantes, umectantes, antiespumantes ou redutores de deriva. No caso específico dos herbicidas, os adjuvantes favorecem a formação de gotas de tamanho adequado, melhoram a adesão à superfície foliar, aumentam a absorção do princípio ativo e prolongam a ação do produto (PROCÓPIO et al., 2007).

Essas funções são especialmente importantes quando se busca reduzir a dose do herbicida aplicado, pois a eficiência do controle precisa ser mantida mesmo com menor quantidade do produto. Mendonça et al. (2007) destacam que o uso de adjuvantes adequados pode permitir a redução das doses de herbicidas sem perda de eficácia, o que está alinhado com os princípios da agricultura sustentável. No entanto, a escolha do adjuvante adequado deve

considerar a formulação do herbicida, a espécie-alvo, as condições climáticas no momento da aplicação e o tipo de equipamento utilizado.

2.3 Manejo Químico de Plantas Daninhas com Ênfase em *Brachiaria decumbens*

O controle de plantas daninhas é um dos principais desafios da agricultura devido ao seu potencial de interferência na produtividade das culturas. Essas plantas competem diretamente com as espécies cultivadas por recursos essenciais, como água, nutrientes e luz solar, podendo causar perdas significativas na produção (PITELLI, 1985). Além disso, dificultam operações agrícolas, reduzem a qualidade do produto colhido e podem servir de hospedeiras para pragas e patógenos.

O sucesso no manejo depende de uma abordagem integrada, que envolva medidas preventivas, culturais, mecânicas, biológicas e químicas (VARGAS et al., 2018). Dentro desse manejo, os herbicidas, especialmente quando aliados a adjuvantes, continuam sendo ferramentas centrais para a supressão eficiente de infestantes, desde que utilizados de forma consciente e tecnicamente orientada.

Brachiaria decumbens é uma gramínea originária da África tropical e amplamente difundida no Brasil, especialmente em pastagens. Apesar de seu valor forrageiro, a espécie tem se tornado uma das principais plantas daninhas em áreas agrícolas, devido à sua alta agressividade, capacidade de rebrota e produção de sementes viáveis em grande quantidade (LORENZI, 2014). Essas características facilitam sua rápida disseminação e dificultam o controle em culturas perenes e anuais, onde a presença dessa planta pode comprometer significativamente o desenvolvimento das culturas e a produtividade final.

Seu comportamento invasivo é intensificado por adaptações morfológicas que dificultam a penetração e a ação de herbicidas, como a presença de cutícula espessa, ceras epicuticulares e tricomas foliares (SILVA et al., 2009). Esses fatores, aliados ao seu crescimento vigoroso, tornam o manejo químico mais complexo, exigindo o uso de estratégias complementares, como a aplicação de herbicidas em estádios precoces de desenvolvimento e a adição de adjuvantes que favoreçam a absorção dos princípios ativos. Em áreas infestadas por *B. decumbens*, o controle químico convencional, mesmo em doses elevadas, muitas vezes não é suficiente para garantir eficácia satisfatória ao longo do tempo.

A espécie também apresenta tolerância variável a diferentes grupos de herbicidas, o que reforça a necessidade de uma seleção criteriosa dos produtos e tecnologias de aplicação. Estudos têm demonstrado que combinações entre herbicidas de contato ou sistêmicos com adjuvantes específicos podem potencializar o controle de *B. decumbens*, permitindo inclusive

a redução das doses aplicadas sem comprometer a eficiência (PROCÓPIO et al., 2007). Essa abordagem, além de reduzir custos operacionais, contribui para a diminuição dos impactos ambientais e para o manejo da resistência, sendo uma estratégia alinhada aos princípios da agricultura sustentável.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de desenvolvimento do estudo

O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (FCAVR) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, em Registro - SP. Os ensaios foram desenvolvidos na Unidade Agrochá da FCAVR/UNESP, com coordenadas geográficas 24°31'58"S e 47°51'35"N, e altitude média de 25 metros. O clima do município é classificado como Af, caracterizado por um clima tropical úmido sem estação seca, com temperatura média anual de 24,2°C, precipitação média anual de 1.539,9 mm e umidade relativa média de 84%, de acordo com a classificação de Köppen realizada pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, 2023).

3.2 Tratamentos e sua aplicação

Os tratamentos foram instalados seguindo o delineamento em blocos ao acaso (DBC), com duas repetições, e consistiram na aplicação dos herbicidas Diquat + Amicarbazona, utilizando-se o produto comercial Dorai® Max, fornecido pela empresa Ihara Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos com Diquat + Amicarbazona e Hero aplicados em todas as áreas estudadas.

Tratamentos	Descrição dos Tratamentos			
	Dose de Hero		Dose de Diquat + Amicarbazona	
	L ha ⁻¹	Relação com a dose comercial (%)	L ha ⁻¹	Relação com a dose comercial (%)
1	2,5	100	2,5	100
2	1,875	75	0,625	25
3	1,250	50	1,25	50
4	0,625	25	1,875	75
5	0	0	2,5	100
6	2,5	100	0	0
7	0	0	0	0

Trata-se de um herbicida de contato, não seletivo, pertencente aos grupos químicos Bipiridílio (Dibrometo de diquate) e Triazolinona (Amicarbazona), indicado para o controle de plantas daninhas em pós-emergência (IHARA, 2022).

Também foi utilizado o herbicida Glyphosate, na formulação do produto comercial Xequê Mate® SL, com 620 g L⁻¹ de sal de potássio, igualmente fornecido pela empresa Ihara (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos com Glyphosate e Hero aplicados em todas as áreas estudadas.

Tratamentos	Descrição dos Tratamentos			
	Dose de Hero		Dose de Glyphosate	
	L ha ⁻¹	Relação com a dose comercial (%)	L ha ⁻¹	Relação com a dose comercial (%)
1	2,5	100	2,5	100
2	1,875	75	0,625	25
3	1,250	50	1,25	50
4	0,625	25	1,875	75
5	0	0	2,5	100
6	2,5	100	0	0
7	0	0	0	0

Trata-se de um herbicida sistêmico, de ação pós-emergente, pertencente ao grupo químico das Glicinas Substituídas, com ação condicionalmente seletiva (IHARA, 2021). Ambos os herbicidas foram aplicados isoladamente ou em diferentes doses em mistura com o adjuvante Hero, nas proporções de 100%, 75%, 50%, 25%, 0% da dose recomendada (2,5 L ha⁻¹). Os cálculos para a dosagem dos produtos foram baseados considerando um volume de calda de 200 L. No entanto, no experimento, o volume de calda aplicado por parcela foi ajustado para 2 L, preservando-se a equivalência da dose recomendada de 2,5 L ha⁻¹ do produto comercial. Para a realização das pulverizações, foi utilizado pulverizador costal com pressão de 2 kgf.cm², munido de barra com quatro pontas de pulverização do tipo leque Teejet 110.02 e volume de calda da ordem de 180 L ha⁻¹. No momento da aplicação, a temperatura média do ar em Registro era de 27°C e a velocidade do vento era de 9 km h⁻¹.

Em todos os tratamentos, as parcelas experimentais possuíam 3,0 metros de largura por 5,0 metros de comprimento (15 m²). As avaliações de controle visual das plantas daninhas foram realizadas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), conforme metodologia proposta por Velini et al. (1995), utilizando-se uma escala percentual de 0 a 100, na qual "0" representa ausência total de injúrias e "100" corresponde à morte completa das plantas daninhas.

Para uma avaliação mais criteriosa e precisa, cada parcela foi subdividida em subparcelas de observação (microrregiões dentro da área útil), nas quais se observava individualmente o grau de controle visual obtido. Em seguida, foi atribuída uma nota para cada subparcela, considerando o nível de injúria nas plantas daninhas em comparação à testemunha sem aplicação. Com base nas notas obtidas nas diferentes subparcelas, foi então calculada uma estimativa percentual geral de controle para cada parcela, refletindo de forma mais representativa o efeito do tratamento sobre a infestação da *Brachiara decumbens*.

3.3 Características da espécie infestante

A espécie daninha utilizada no experimento foi *Brachiaria decumbens*. A planta se encontrava no estágio vegetativo 2 no momento da aplicação dos tratamentos, o que corresponde a uma fase de desenvolvimento em que já há formação de perfilhos ativos, condição que favorece tanto a absorção quanto a translocação de herbicidas sistêmicos (PROCÓPIO et al., 2007).

3.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2000). A significância foi verificada a 5% de probabilidade pelo teste F. A partir da detecção de diferenças significativas entre tratamentos e suas interações, foram feitos os desdobramentos e as médias comparadas entre si pelo teste t de Student (5%).

A avaliação do experimento foi conduzida com base na comparação dos efeitos observados nas plantas daninhas após a aplicação dos tratamentos, em relação à testemunha sem aplicação. Esse procedimento permitiu a determinação da dose ideal tanto dos herbicidas quanto do adjuvante Hero, visando identificar a combinação mais eficaz para o controle das espécies infestantes avaliadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise de variância Tabela 3

Tabela 3. Análise de Variância (ANOVA) Diquat + Amicarbazone + Hero

Fonte de Variação	SQ (Soma de Quadrados)	GL	F calculado	p-valor
Tratamento	3570,36	4	158,76	< 0,0001 (***)
Tempo	14384,53	2	1279,26	< 0,0001 (***)
Interação (TxT)	1345,24	8	29,91	< 0,0001 (***)
Resíduo	168,67	30		

Verificou-se que houve efeito significativo dos tratamentos, dos tempos de avaliação e da interação entre ambos no controle de *Brachiaria decumbens*. Em seguida, foi calculado o coeficiente de variação (CV), que apresentou um valor de 44,38%, indicando alta variabilidade nos dados. Essa variabilidade pode estar associada ao comportamento do herbicida Diquat + Amicarbazona, que atua como um herbicida de contato, promovendo elevada eficácia nas avaliações iniciais, mas com redução gradual do controle ao longo do tempo, uma vez que sua

Com o efeito significativo da análise de variância foi possível então realizar os desdobramentos com o teste t de Student (5%). Os resultados obtidos para os tratamentos com o herbicida Diquat + Amicarbazone encontram - se sintetizados na Tabela 4 e ilustrados na Figura 1, os quais permitem observar o comportamento dos tratamentos ao longo do tempo e identificar os mais promissores quanto à eficácia do controle da *Brachiara decumbens*.

Tabela 4 – Controle de *Brachiaria decumbens* (%) aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) de diferentes proporções entre o adjuvante Hero e o herbicida Diquat + Amicarbazone.

Tratamento	Controle 7 DAA (%)	Controle 14 DAA (%)	Controle 21 DAA (%)
1	87,33 a	59,00 a	30,00 a
2	77,33 ab	51,33 ab	20,00 b
3	51,67 c	39,00 bc	29,67 a
4	52,33 bc	36,00 c	14,33 b
5	74,33 ab	57,00 a	30,33 a
6	0 c	0 c	0 c
7	0 c	0 c	0 c

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

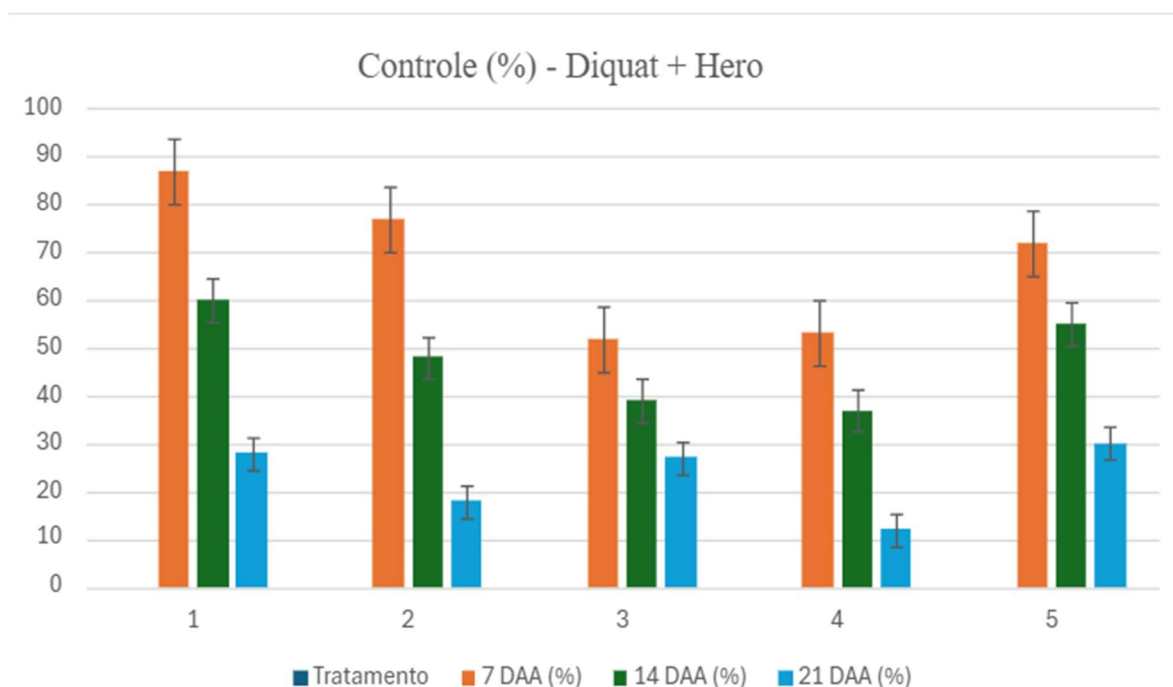


Figura 1. Controle (%) da *Brachiaria decumbens* nos tratamentos ao longo dos dias.

Foi observado que o tratamento 1, composto pela aplicação de 100% da dose recomendada de Diquat + Amicarbazone (Dorai Max®) e 100% da dose recomendada de Hero

(2,5 L/ha de Hero e 2,5 L/ha de Diquat), apresentou os maiores índices de controle da *Brachiaria decumbens* em todas as épocas de avaliação, 7 dias após a aplicação (7 DAA), 14 dias após a aplicação (14 DAA) e 21 dias após a aplicação (21 DAA). Aos 7 DAA, o controle médio ultrapassou 85%, evidenciando a elevada eficácia da combinação plena dos produtos. Este resultado era esperado, considerando que a ação do Diquat + Amicarbazone, herbicida de contato, é potencializada pela presença de adjuvantes como o Hero.

No entanto, destaca-se que outros tratamentos, mesmo com a redução na dose do herbicida Diquat, também apresentaram níveis de controle satisfatórios da *Brachiaria decumbens*, especialmente quando associados a concentrações mais elevadas do adjuvante Hero. Observa-se no tratamento 2 (1,875 L/ha de Hero e 0,625 L/ha de Diquat + Amicarbazone), que empregou uma dose reduzida de diquat em relação ao tratamento 1 (dose plena de ambos os produtos), mas contou com uma maior proporção de adjuvante. Mesmo com a diminuição do princípio ativo, esse tratamento proporcionou índices de controle superiores a 70% aos 7 dias após a aplicação (7 DAA), demonstrando eficácia considerável na supressão da planta daninha.

Observa-se também na Tabela 4 que o Tratamento 2 (1,875 L/ha de Hero + 0,625 L/ha de Diquat + Amicarbazona) não difere estatisticamente do Tratamento 5, no qual foi aplicada a dose cheia (2,5 L/ha) apenas de Diquat + Amicarbazona, sem o uso do adjuvante. Esse resultado evidencia que a presença do adjuvante Hero potencializa a eficácia do herbicida, possibilitando um controle equivalente com menor dose do ingrediente ativo, o que contribui para redução do impacto ambiental e otimização do uso de recursos na aplicação.

A avaliação da eficácia dos tratamentos ao longo do tempo revelou uma tendência de redução nos níveis de controle a partir dos 7 dias após a aplicação (DAA), comportamento típico de herbicidas com mecanismo de ação de contato, como o Diquat. Entretanto, a taxa de declínio do controle variou entre os tratamentos, evidenciando a influência da formulação utilizada, especialmente da proporção entre herbicida e adjuvante. Observou-se que tratamentos com doses mais elevadas de adjuvante Hero apresentaram uma melhor manutenção do controle até os 21 DAA, sugerindo que a atuação do adjuvante não se limita à fase inicial da aplicação, mas contribui também para a persistência do efeito herbicida ao longo do tempo.

Esses achados reforçam a importância da seleção criteriosa do adjuvante e da definição de sua dose em programas de manejo químico. Estudos anteriores, como os de Mendonça et al. (2018) e Silva et al. (2020), apontam que adjuvantes, como o Hero, são fundamentais para potencializar a ação de herbicidas de contato, uma vez que promovem maior cobertura foliar, reduzem a tensão superficial da calda e aumentam a permanência e absorção do ingrediente

ativo pelas folhas das plantas daninhas. Além disso, Zobiole et al. (2012) destacam que a aplicação eficiente de herbicidas em espécies forrageiras perenes, como a *Brachiaria decumbens*, exige uma deposição uniforme da calda, o que pode ser significativamente favorecido pelo uso adequado de adjuvantes.

A combinação entre doses reduzidas de Diquat e concentrações estratégicas de Hero se mostrou, portanto, uma alternativa viável do ponto de vista agronômico, especialmente quando o objetivo é manter níveis satisfatórios de controle da *Brachiaria Decumbens* sem recorrer ao uso integral do herbicida. Do ponto de vista prático, essa estratégia representa uma importante oportunidade de racionalização de custos na lavoura, tendo em vista o elevado custo comercial do Diquat + Amicarbazona (Dorai Max). A redução do volume aplicado do ingrediente ativo não só diminui o investimento direto, como também reduz os riscos ambientais, incluindo menor potencial de contaminação do solo e da água e uma possível mitigação da seleção de biótipos resistentes — um aspecto cada vez mais relevante no contexto da sustentabilidade agrícola (OLIVEIRA et al., 2019).

Dessa forma, os dados obtidos neste estudo indicam que o tratamento 2, composto por uma dose intermediária de Diquat associada a uma maior proporção de Hero, configura-se como uma alternativa técnica promissora, uma vez que apresentou desempenho comparável ao tratamento 1 com dose cheia (2,5 L ha⁻¹ de Diquat + Amicarbazona e 2,5 L ha⁻¹ de Hero), especialmente até 14 DAA. Essa constatação sugere que a adoção de combinações racionais entre herbicida e adjuvante pode manter a eficácia do manejo sem comprometer a segurança ambiental nem a viabilidade econômica do sistema produtivo.

Em síntese, embora o tratamento 1 (dose cheia de Diquat + Hero) tenha apresentado o maior percentual de controle nas três avaliações, os resultados demonstram que há viabilidade técnica no uso de estratégias alternativas com menores doses de herbicida. A adoção dessa abordagem alinha-se às boas práticas agrícolas, à filosofia do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) e às exigências por uma agricultura mais sustentável e eficiente.

A análise de variância apresentada na Tabela 5

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) Glyphosate + Hero

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	GL	F	p-valor
Tratamento	1215.47	4	20.32	< 0.001
Tempo	1051.24	2	35.15	< 0.001
Interação (TxT)	567.20	8	4.74	< 0.001
Resíduo	448.67	30		

Revelou que os dados provenientes dos tratamentos com o herbicida Glyphosate + Hero apresentaram efeitos estatisticamente significativos para todas as fontes de variação avaliadas: tratamento, tempo e a interação entre tratamento $\times$ tempo, conforme indicado pelo teste F a 5% de significância ($p < 0,05$). O coeficiente de variação (CV) obtido foi de 4,29%, valor que indica boa precisão experimental. Com base nesses resultados, foram realizados os desdobramentos necessários por meio do teste t de Student para comparação entre médias. A eficiência do herbicida Glyphosate (XEQUE MATE®) no controle de *Brachiaria decumbens* em diferentes proporções com o adjuvante Hero estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Controle de *Brachiaria decumbens* (%) aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) de diferentes proporções entre o adjuvante Hero e o herbicida Glyphosate.

Tratamento	Controle 7 DAA (%)	Controle 14 DAA (%)	Controle 21 DAA (%)
1	96,33 a	100,00 a	100,00 a
2	90,67 a	95,00 a	92,67 a
3	76,33 ab	93,00 a	90,33 a
4	71,00 b	89,00 a	91,67 a
5	82,67 ab	87,00 b	97,00 a
6	0 c	0 c	0 c
7	0 c	0 c	0 c

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

A análise foi conduzida a partir dos dados obtidos aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA), com base nas médias das três repetições válidas por tratamento. Para identificar diferenças estatísticas entre os tratamentos, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, cujos resultados encontram-se na Tabela 6.

Os resultados obtidos ao longo dos três períodos de avaliação (7, 14 e 21 dias após a aplicação) permitem observar diferenças importantes no controle de *Brachiaria decumbens* em função das diferentes combinações entre o herbicida Glyphosate e o adjuvante Hero. O tratamento 1, composto pela dose máxima de ambos os produtos (2,5 L ha⁻¹ de Hero e 2,5 L ha⁻¹ de Glyphosate), apresentou o maior controle médio em todos os tempos analisados, atingindo 100% de controle aos 14 e 21 DAA.

Contudo, ao observar os demais tratamentos, destaca-se o tratamento 2 (1,875 L ha⁻¹ de Hero + 0,625 L ha⁻¹ de Glyphosate), que mesmo utilizando apenas 25% da dose de Glyphosate, proporcionou controle estatisticamente semelhante ao tratamento 1 aos 7 e 14 DAA, atingindo 90,67% e 95,00%, respectivamente. Aos 21 DAA, o controle foi de 92,67%, levemente inferior ao tratamento 1, porém ainda elevado. Esses dados sugerem que o uso de uma dose reduzida de herbicida, aliado a uma quantidade relativamente alta de adjuvante, pode manter uma eficiência

satisfatória no controle da planta daninha-alvo, especialmente nos primeiros dias após a aplicação.

O tratamento 3, com doses intermediárias (1,25 L ha⁻¹ de Hero + 1,25 L ha⁻¹ de Glyphosate), também obteve controle acima de 90% aos 14 e 21 DAA, embora com ligeira queda nos valores. Ainda assim, o desempenho foi semelhante ao do tratamento 2, o que reforça a importância do adjuvante na potencialização da ação herbicida. Por outro lado, o tratamento 4 (menor dose de Hero e alta de Glyphosate) apresentou controle inferior aos demais, indicando que a redução no adjuvante não foi compensada pelo aumento do herbicida.

Dessa forma, considerando os objetivos deste trabalho, o tratamento 2 se mostra o mais promissor, pois com apenas 25% da dose do herbicida foi capaz de alcançar controle semelhante ao tratamento com dose máxima, mantendo a eficiência acima de 90% durante os 21 dias de avaliação. Esse resultado é particularmente relevante em termos agrônômicos, econômicos e ambientais, uma vez que permite a redução do uso de insumos químicos sem comprometer a eficácia do manejo.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a associação do herbicida Glyphosate (XEQUE MATE®) com o adjuvante Hero proporcionou maior eficiência no controle de *Brachiaria decumbens*, permitindo a redução da dose necessária para atingir níveis satisfatórios de supressão da planta daninha. Esses resultados estão alinhados com os resultados apresentados por Silva (2019), que avaliou o efeito de diferentes adjuvantes, volumes de calda e qualidade da água na eficácia do herbicida glyphosate. O autor constatou que a adição de adjuvantes permitiu reduzir pela metade a dose do herbicida sem perda de eficácia, especialmente quando utilizados em volumes de calda reduzidos. No mesmo estudo, observou-se que a diminuição do volume de calda de 300 para 150 L ha⁻¹ aumentou a eficácia do glyphosate, evidenciando que não apenas a escolha do adjuvante, mas também o volume de aplicação, influencia diretamente a performance do produto. Considerando esse contexto, a utilização do adjuvante Hero pode ter contribuído para aumentar a aderência, espalhamento e absorção da calda herbicida nas folhas de *Brachiaria decumbens*, otimizando sua ação.

A redução da dose do herbicida, aliada ao uso de um adjuvante eficiente, como o Hero, pode ser uma estratégia viável para racionalizar o uso de agroquímicos, reduzir custos operacionais e minimizar impactos ambientais, contribuindo para uma prática agrícola mais sustentável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a redução das doses dos herbicidas Diquat (Dorai Max®) e Glyphosate (Xequê Mate®), quando associadas ao uso do adjuvante Hero em proporções adequadas, proporcionou níveis satisfatórios de controle da espécie *Brachiaria decumbens*. Essa constatação é relevante do ponto de vista agrônomo, pois demonstra que não é necessariamente obrigatório o uso da dose máxima recomendada para se alcançar uma supressão eficaz da infestante, ao menos nas condições em que o estudo foi conduzido.

Os tratamentos com menores doses de herbicida, mas com teores mais elevados do adjuvante, apresentaram controle semelhante ou próximo ao tratamento com dose máxima dos dois produtos.

Do ponto de vista prático, a redução no volume aplicado de herbicidas representa uma estratégia relevante para a racionalização de custos na atividade agrícola. Considerando que moléculas como o Diquat possuem elevado valor de aquisição no mercado, a possibilidade de empregar doses menores sem prejuízo da eficácia pode gerar uma economia significativa ao produtor. Por exemplo, se considerarmos um custo médio de R\$ 150,00 por hectare em aplicações com dose cheia, uma redução de 25% no volume aplicado pode representar uma economia de aproximadamente R\$ 37,50 por hectare, valor que, em áreas extensas, assume grande impacto na rentabilidade da lavoura.

Além da viabilidade econômica, a adoção de estratégias que reduzem o uso de agroquímicos também contribui para a diminuição dos impactos ambientais e sociais do sistema produtivo. A aplicação excessiva de defensivos está associada à contaminação do solo e da água, além de favorecer a seleção de biótipos resistentes, fatores que comprometem a sustentabilidade a longo prazo da produção agrícola.

Outro aspecto relevante é o impacto sobre a saúde humana, principalmente de trabalhadores rurais e populações que vivem próximas às áreas agrícolas. A exposição crônica a certos princípios ativos pode estar associada a problemas respiratórios, hormonais, neurológicos. Assim, reduzir o volume aplicado de herbicidas não apenas traz benefícios ambientais e econômicos, como também contribui para a segurança alimentar e o bem-estar das pessoas envolvidas diretamente ou indiretamente na produção.

É importante destacar, no entanto, que os resultados apresentados referem-se a uma condição experimental específica, envolvendo uma única espécie-alvo, um número limitado de tratamentos e um ambiente controlado. Para que essas estratégias possam ser recomendadas

com segurança em larga escala, é necessária a realização de novos estudos que contemplem maior número de repetições, diferentes condições edafoclimáticas, diferentes espécies de plantas daninhas e o uso de outros grupos de herbicidas.

6. CONCLUSÃO

Dessa forma, conclui-se que o uso de doses reduzidas de herbicidas, associado a adjuvantes adequados, como o Hero, apresenta uma alternativa técnica promissora no manejo de plantas daninhas, como a *Brachiara decumbens*, contribuindo para uma agricultura mais sustentável, segura e eficiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Adjuvantes: tecnologia e ciência na aplicação de defensivos agrícolas**. Botucatu: FEPAF, 2022.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA (CEPAGRI). Portal CEPAGRI – Unicamp. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/>. Acesso em: 12 out. 2023.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36–41, 2000.

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponível em: <https://www.weedscience.org>. Acesso em: 10 maio 2025.

IHARA. **Bula do produto Dorai® Max – Diquat + Amicarbazona**. 2022. Disponível em: <https://ihara.com.br/wp-content/uploads/sites/54/2022/04/dorai-max-bula-3105711-alteracao-razao-social-upl-para-superform-dou-24-10-1.pdf>. Acesso em: 2 maio 2025.

IHARA. **Bula do produto Xequê Mate® SL – Glyphosate**. 2021. Disponível em: <https://ihara.com.br/wp-content/uploads/sites/54/2021/03/xeque-mate-bula-3105526.pdf>. Acesso em: 2 maio 2025.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014.

MENDONÇA, C. G. et al. Eficácia de adjuvantes na redução da dose de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 643–650, 2007.

MENDONÇA, C. G. et al. Efeitos de adjuvantes na aplicação de defensivos agrícolas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 349–355, 2007.

MENDONÇA, D. R.; COSTA, N. V.; PEREIRA, G. A. Efeito de adjuvantes na eficiência de herbicidas de contato aplicados em pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 149–157, 2018. Disponível em: <https://www.rbherbicidas.com.br>. Acesso em: 6 maio 2025.

OLIVEIRA, R. B.; FREITAS, M. A.; SILVA, J. R. et al. Manejo químico de plantas daninhas e o risco de seleção de resistência: estratégias sustentáveis. **Planta Daninha**, v. 37, e019211098, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd>. Acesso em: 6 maio 2025.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16–27, 1985.

PROCÓPIO, S. O. et al. Adjuvantes e sua influência na eficiência dos herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 365–372, 2007a.

PROCÓPIO, S. O. et al. Eficácia de herbicidas no controle de *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 643–650, 2007b.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Grafmarke, 2005.

SILVA, A. F. M. et al. Tecnologia de aplicação de herbicidas: importância do uso de adjuvantes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 2, p. 179–188, 2017.

SILVA, D. V. et al. Características morfológicas de folhas de espécies daninhas e sua relação com herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 1, p. 25–33, 2009.

SILVA, M. C.; QUEIROZ, A. R.; ANDRADE, L. A. Desempenho de adjuvantes em aplicações de herbicidas sobre plantas daninhas em áreas de pastagem. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 41, n. 1, p. 66–74, 2020.

VARGAS, L. et al. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: fundamentos e mecanismos**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. 42 p.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA, R. S.; HITE, D. R. et al. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate resistant soybeans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 356, n. 1/2, p. 307–319, 2012.