

UNIVERSIDADE ANHANGUERA-UNIDERP

JEAN CARLO TADASHI TAMANAHA WATANABE

**CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA, COM PRÉ-
EMERGENTES E GLIFOSATO PÓS-EMERGENTE**

CAMPO GRANDE – MS

2024

Jean Carlo Tadashi Tamanaha Watanabe

**Controle de plantas daninhas na cultura da soja, com pré-emergentes e
glifosato pós-emergente**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em nível de Mestrado Profissional em Produção Agropecuária Sustentável da Universidade Anhanguera - UNIDERP, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócio Sustentável.

Orientador: Dr. Eduardo Barreto Aguiar

CAMPO GRANDE – MS

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

W324c Watanabe, Jean Carlo Tadashi Tamanaha
Controle de plantas daninhas na cultura da soja, com pré-emergentes e glifosato pós-emergente / Jean Carlo Tadashi Tamanaha Watanabe. – Campo Grande, 2024.
75 fls.

Orientador: Dr. Eduardo Barreto Aguiar
Coorientador: Dr. José Antônio Maior Bono
Dissertação (mestrado em Agronegócio Sustentável) – Anhanguera Uniderp, 2024.

1. Químico. 2. Herbicidas. 3. Eficácia. 4. Matocompetição. I. Aguiar, Eduardo Barreto. II. Bono, José Antônio Maior. III. Título.

CDU 537

TERMO DE APROVAÇÃO

Candidato: Jean Carlo Tadashi Tamanaha Watanabe

Dissertação defendida e aprovada em 28/03/2024 pela banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Barreto de Aguiar

Prof. José Antônio Maior Bono

Prof. Dr. Jayme Ferrari Neto

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir realizar esse trabalho.

À minha família, que me incentivou e esteve ao meu lado, demonstrando seu apoio.

À empresa Sumitomo Chemical Latin America, meu gestor Christian T. Scherb e equipe de Desenvolvimento de Mercado, que me influenciaram e incentivaram no decorrer do projeto.

À minha equipe de pesquisa, Gabriel P. Ciskon e Lucas S. M. Geremias, que me auxiliaram na condução do experimento a campo.

Ao meu orientador, Dr. Eduardo B. Aguiar e coorientador Dr. José A. M. Bono, que me guiaram e auxiliaram no projeto.

À universidade Anhanguera-Uniderp, pela oportunidade e ensino que contribuíram para eu ser um profissional melhor.

BIOGRAFIA DO DISCENTE

Jean Carlo Tadashi Tamanaha Watanabe, nascido no Japão, em 29 de outubro de 1996. Chegou ao Brasil em 1998, para morar com sua mãe Chizuko Watanabe, tios, tias e avós, em Nova Esperança, Estado do Paraná. Estudou em colégios estaduais do município e, no Ensino Médio, ganhou uma bolsa de estudos em Maringá-PR, no colégio SESI/SENAI, onde se formou como técnico em eletromecânica.

Em 2015, ingressou na universidade Cesumar – Centro Universitário de Maringá-PR, na qual se graduou em Agronomia, em dezembro de 2019.

Durantes a graduação entrou como estagiário de pesquisa e desenvolvimento, na Sumitomo Chemical Latin America, onde seguiu carreira e, em 2020, foi contratado para o cargo de assistente técnico de desenvolvimento de produto e mercado, em Dourados, Estado de Mato Grosso.

Em julho de 2021, foi aprovado no processo seletivo de engenheiro agrônomo de desenvolvimento de mercado, na Sumitomo Chemical, função que exerce até o momento.

No primeiro semestre de 2022, ingressou no programa de Pós-Graduação em Agronegócio Sustentável, nível mestrado, na área de Conhecimento de Herbologia, pela universidade Anhanguera – Uniderp, em Campo Grande-MS, com o incentivo e auxílio da Sumitomo Chemical Latin America.

SUMÁRIO

1. Resumo Geral	12
2. General Summary	13
3. Introdução Geral	14
4. Revisão de Literatura	17
4.1. Controle de Plantas Daninhas na Soja	17
4.2. Épocas de Aplicação de Herbicidas Pré e Pós-emergentes e Mecanismos de Ação	18
4.3. Espécies de Plantas Daninhas Resistentes	20
4.4. Características dos Herbicidas Utilizados em Pré e Pós-Emergência e Seus Mecanismos de Ação:	22
4.4.1. Glifosato	22
4.4.2. Diclosulam	23
4.4.3. Sulfentrazone	24
4.4.4. Diuron	25
4.4.5. S-metolachlor	26
4.4.6. Imazetapir	27
4.4.7. Flumioxazina	27
4.4.8. Piroxasulfona	28
4.5. Efeitos Residuais de Herbicidas Pré-emergentes na Soja	28
4.6. Dosagem de Glifosato em Pós-Emergência da Soja	29
4.7. Efeitos Negativos do Glifosato	30
4.8. Impactos na Microbiota do Solo	31
4.9. Tecnologia de aplicação	32
5. Referências Bibliográficas	33
6. Artigo I	41
Resumo	41
Abstract	42
Introdução	43
Materiais e Métodos	44
Resultado e Discussão	48
Conclusão	56
Referências Bibliográficas	57
7. Artigo II	61

Resumo	61
Abstract	62
Introdução	63
Materiais e Métodos	64
Resultado e Discussão	69
Conclusão	72
Referências Bibliográficas	73
8. Conclusão Geral	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies de plantas resistentes ao mecanismo de ação, ano de ocorrência e local de ação.....	22
Tabela 2 - Tratamentos realizados no experimento, produtos e respectivas doses.....	46
Tabela 3 – Valores dos atributos químicos do solo, na camada de 0 a 20 cm, na área experimental.....	47
Tabela 4 - Produtos utilizados para o manejo fitossanitário, doses e estágio da cultura	47
Tabela 5 - Descrição dos conceitos aplicados às avaliações de controle.....	48
Tabela 6 - Incidência de plantas/m ² de <i>Amaranthus hybridus</i> , <i>Ipomea spp.</i> , e <i>Zea mays</i> em soja avaliada aos 44 dias após a aplicação de pré-emergentes. Dourados – MS, 2023.	49
Tabela 7 - Porcentagem de controle de <i>Ipomea spp.</i> , <i>Amaranthus hybridus</i> e <i>Zea mays</i> em soja avaliada aos 44 dias após a aplicação de pré-emergentes. Dourados – MS, 2023.	51
Tabela 8 – Porcentagem de controle de <i>Ipomoea spp.</i> e <i>Amaranthus hybridus</i> aos 7 dias após a aplicação de pós-emergente em soja avaliada com aplicação de pré-emergentes e com pulverização de glifosato 540 g e.a. ha ⁻¹ em pós-emergência. Dourados – MS, 2023.....	53
Tabela 9 - Porcentagem de controle aos 7 DAB de <i>Ipomoea spp.</i> e <i>Amaranthus hybridus</i> em soja avaliada com aplicação de pré-emergentes e com pulverização de glifosato 1080 g e.a. ha ⁻¹ em pós-emergência. Dourados – MS, 2023.	55
Tabela 10 - Tratamentos realizados no experimento, produtos e respectivas doses.....	66
Tabela 11 – Valores dos atributos químicos do solo, na camada de 0 a 20 cm, na área experimental.....	67
Tabela 12 - Produtos utilizados para o manejo fitossanitário, doses e estágio da cultura	67
Tabela 13 - Índice de avaliação e sua descrição de fitointoxicação.....	69
Tabela 14 - Avaliações da seletividade em soja com aplicação de pré-emergentes. Dourados – MS, 2023.....	69
Tabela 15 - Média em gramas da massa seca da parte aérea de 5 plantas de	

soja com aplicação de pré-emergentes e glifosato em pós-emergência	
Dourados – MS, 2023	70
Tabela 16 - Produtividade de soja com aplicação de pré-emergentes. Dourados	
– MS, 2023	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processos físicos e biológicos que afetam a disponibilidade dos herbicidas no solo (EMBRAPA, 2005).....	20
Figura 2. Dados climáticos durante o ciclo da cultura da soja e condução do experimento.....	45
Figura 3. Dados climáticos durante o ciclo da cultura da soja e condução do experimento.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
ALS	Acetolactato sintase
Ca	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
cmol _c	Centimol de carga
CO ₂	Dióxido de carbono
CTC	Capacidade de troca catiônica
dm ⁻³	Decímetro cúbico
e.a.	Equivalente ácido
EPSPs	Enzima 5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase
FII	Fotossistema II
g	Gramas
H + Al	Hidrogênio + Alumínio (Acidez potencial)
i.a.	Ingrediente ativo
K	Potássio
L ou kg	Litros ou quilos
M.O.	Matéria orgânica
Mg	Magnésio
mg	Miligramas
MSPA	Massa seca da parte aérea
P	Fósforo
p.c.	Produto comercial
pH	Potencial hidrogeniônico
PROTOX	Protoporfirinogênio oxidase
SB	Soma de bases trocáveis

1. Resumo Geral

A produção de soja (*Glycine max*) ocupa a maior área plantada no Brasil, sendo crescente a cada safra. Os herbicidas pré-emergentes podem auxiliar no controle das plantas daninhas, pela substituição ou redução do número de aplicações ou, ainda, pela redução de doses de pós-emergentes. Pulverizações frequentes de herbicidas à base de glifosato, em doses máximas ou acima das recomendações de bula, acarretou seleção de indivíduos de espécies de plantas daninhas resistentes e tolerantes a esse princípio ativo. Elaborou-se o estudo seguindo a linha de pesquisa em Produção Agropecuária Sustentável com o objetivo de avaliar herbicidas em pré-emergência e seu uso como alternativa de moléculas ao atual uso recorrente do glifosato. Essa alternativa pode minimizar a seleção de populações resistentes de plantas daninhas de difícil controle, preservando a eficiência da molécula. O experimento foi conduzido em Dourados - MS, no centro agrônômico de pesquisa e tecnologia – FERST, no ano agrícola 2022/2023. Os tratamentos foram distribuídos nas parcelas experimentais em blocos casualizados em um fatorial 6 x 3, com quatro repetições. O fator 1 foi avaliado com 5 herbicidas pré-emergentes e o tratamento controle, correspondendo à aplicação em pré-emergência dos herbicidas: 1 – testemunha (sem pré-emergente); 2 – diclosulam; 3 - sulfentrazone + diuron; 4 - s-metolaclo; 5 - imazetapir + flumioxazina; 6 - piroxasulfona + flumioxazina. O fator 2, com 3 níveis: 1 – testemunha (sem pós-emergente); 2 - glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ e 3 - glifosato 1080 g e.a. ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 e 10% de significância. As moléculas diclosulam e imazetapir + flumioxazina foram as mais eficientes no controle das plantas infestantes. A utilização de glifosato, em ambas as doses analisadas, é dispensada para o manejo de *Ipomoea ssp.* e *A. hibrydus*, tendo em vista o valor econômico e o controle satisfatório dos herbicidas pré-emergentes. O diclosulam foi o herbicida pré-emergente menos seletivo para a cultura da soja, afetando o seu desenvolvimento. A interação de s-metolaclo e aplicação de glifosato reduziram a matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de soja. As maiores produtividades de soja foram obtidas, quando se utilizou os herbicidas pré-emergentes sulfentrazone + diuron e imazetapir + flumioxazina.

Palavras-chave: Químico, Herbicidas, Eficácia, Matocompetição.

2. General Summary

The production of soybeans (*Glycine max*) takes the biggest part of planted area in Brazil and it's getting bigger in each harvest. The herbicides with pre-emergent function can help with the weed control, by replacing or reducing the number of applications or, even, by reducing post-emergent doses. Frequent spraying of glyphosate-based herbicides, in maximum doses or above the leaflet recommendations, resulted in the selection of individuals of weed species that are resistant and tolerant to this active ingredient. This study was elaborated following a line of research in Sustainable Agricultural Production aiming the evaluation of pre-emergence herbicides and their use as an alternative molecule to the current recurrent use of glyphosate. This alternative can minimize the selection of the resistant population of hard-to-control weeds, preserving the efficiency of the molecule. The experiment was conducted in Dourados – MS, in the research and technology agronomic center – FERST, in the agricultural year of 2022/2023. The treatments were distributed in the experimental parcels in randomized blocks in a 6x3 factorial design, with four repetitions. The factor 1 was evaluated with 5 pre-emergence herbicides and the control treatment, corresponding to the pre-emergence application of herbicides: 1 – control (without pre-emergence); 2 – diclosulam; 3 – sulfentrazone + diuron; 4 – s-metolachlor; 5 – imazethapyr + flumioxazin; 6 – pyroxasulfone + flumioxazin. The factor 2 was in three levels: 1 – control (without post-emergence); 2 – glyphosate 540 g e.a. ha⁻¹ and 3 – glyphosate 1080 g. e.a. ha⁻¹. The data were subjected to analysis of variance using the F test, and the averages were compared using the Tukey test at 5 and 10% significance. The diclosulan and imazethapyr + flumioxazin molecules were the most efficient in the weed control. The use of glyphosate, in both analyzed doses, is not necessary in the management of *Ipomoea ssp.* and *A. hibrydus*, taking into account the economic value and the satisfactory control of the pre-emergent herbicides. Diclosulam was the least selective pre-emergent herbicide for soybean, affecting its development. The interaction of s-metolachlor and glyphosate application reduced shoot dry matter (DMAP) in the soy bean. The highest soybean yields were obtained when the pre-emergent herbicides sulfentrazone + diuron and imazethapyr + flumioxazine were used.

Keywords: Chemical, Herbicides, Effectiveness, Weed competition.

3. Introdução Geral

A soja (*Glycine max*), uma das culturas mais importantes da economia mundial, teve sua origem na Ásia, com o primeiro relato no Brasil em 1882, na Bahia. Os programas de melhoramento foram os principais precursores no desenvolvimento das cultivares, com a troca e difusão de genes para melhor adaptação a cada região do país (SEDIYAMA *et al.*, 2009).

O melhoramento possibilitou o surgimento de variedades com características desejadas. Dentre as principais, estão a maior produção de grãos, resistência a mecanismo de ação de herbicidas e insetos, além da melhoria da estrutura das plantas e sensibilidade ao fotoperíodo, em que no período juvenil do ciclo da planta, mesmo ocorrendo condição ambiental favorável, a planta não sofre indução à floração (THOMAS e VINCE-PRUE, 1984).

Com a soja transgênica sendo implementada no mundo, as cultivares resistentes ao glifosato (RR) possibilitaram a sua aplicação em pós-emergência e as aplicações sequenciais do mesmo produto, obtendo-se sucesso nunca experimentado no controle de plantas daninhas.

As tecnologias envolvidas nas aplicações em pós-emergência da soja dobraram o volume, utilizado de um mesmo mecanismo de ação na mesma área, gerando maior pressão de seleção nas plantas daninhas e, conseqüentemente, começaram as primeiras identificações de espécies tolerantes e resistentes a este princípio ativo (GAZZIERO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2022).

A *Weed Science Society of America* definiu resistência como uma habilidade hereditária de uma população de plantas daninhas a sobreviver e se reproduzir após uma aplicação de herbicida em dose letal. Esse fato ocorre devido à seleção de genes de resistência nas populações das espécies, dando origem à progênie cada vez mais resistente em razão da seleção imposta pelos sistemas produtivos (HEAP, 2023).

De acordo com Ferreira *et al.* (2008), o primeiro relato no mundo de plantas daninhas resistente ao herbicida glifosato foi em 1996, na espécie *Lolium rigidum*. No Brasil, tem-se mais de 50 espécies resistentes a múltiplos herbicidas e cujos relatos são cada vez mais frequentes (HEAP, 2023).

Com a necessidade de novos herbicidas para o manejo de plantas resistentes, recorreu-se novamente aos mecanismos de ação dos herbicidas

pré-emergentes, muito utilizados no passado. Os estudos de resistência são focados sobre as moléculas isoladas ou em misturas que realizem o controle das sementes de plantas daninhas no solo.

Considerando que não há camada significativa de cera ou cutícula presente nas raízes no início do processo de germinação, a absorção radicular de um princípio ativo torna-se facilitada pela difusão do herbicida no estado gasoso e/ou em solução com a água, quando a pulverização do produto ocorre diretamente no solo (REIS *et al.*, 2021).

A matocompetição das plantas daninhas com a soja pode ocasionar diversos fatores, interferindo no seu desenvolvimento e produtividade. Além da disputa por nutrientes, água e luz, as espécies infestantes podem servir de abrigo para pragas e fonte de inóculo para patógenos, afetando também, de forma indireta, o desempenho da cultura (SILVA *et al.*, 2022).

No momento da aplicação dos herbicidas pré-emergentes, muitas plantas daninhas já estão em emergência, no entanto se nota que as plantas invasoras recém-emergidas não apresentam desenvolvimento vigoroso, devido a suas raízes estarem absorvendo as moléculas dos herbicidas pré-emergentes presentes no solo, denotando menor porte e sintomas de fitotoxidez. Esse processo facilita o controle em pós-emergência, uma vez que o torna possível com menores doses de glifosato nas aplicações (MENDES e SILVA, 2022).

O manejo pré-emergente é uma boa alternativa, já que contribui para a redução de aplicações recorrentes de herbicidas em pós-emergência. É um aliado no sistema de rotação de herbicidas, de forma que os princípios ativos com mesmo mecanismo de ação não sejam pulverizados mais do que duas vezes seguidas na mesma área, permitindo evitar que as plantas sofram alta pressão de seleção, reduzindo ou atrasando a seleção de comunidades resistentes (ADEGAS, 2019).

O controle de plantas daninhas em pós-emergência com o herbicida glifosato deve ocorrer antes do período crítico de interferência (PCI), definido quando as invasoras já estão estabelecidas na área e o herbicida pode não ser mais letal. Por se tratar de uma molécula sistêmica e possuir capacidade de translocação no interior das plantas, por meio dos vasos condutores (xilema e floema), a morte da planta tende a ocorrer de maneira lenta (MENDES e SILVA, 2022).

Nessa mesma perspectiva, o sojicultor realiza as aplicações de glifosato de forma preventiva, acreditando evitar a perda de produção e qualidade.

Diante dos problemas decorrentes do uso de glifosato em alta frequência e altas doses, juntamente com sua perda de eficiência, este trabalho é proposto com o objetivo de avaliar o uso de moléculas pré-emergentes como estratégia de manejo de plantas daninhas na cultura da soja. Os efeitos das moléculas estudadas foram avaliados em plantas infestantes e em plantas de soja, no período da emergência à colheita.

4. Revisão de Literatura

4.1. Controle de Plantas Daninhas na Soja

O termo planta daninha refere-se a qualquer planta indesejada presente na área, que pode causar danos diretos ou indiretos na cultura a ser cultivada (LORENZI, 2014). O controle destas plantas indesejadas é feito com múltiplos herbicidas, sendo o glifosato um dos mais utilizados no mundo. Entretanto, o seu uso inadequado tem promovido a seleção de populações resistentes de espécies de difícil controle (LUCIO *et al.*, 2019).

A infestação de plantas daninhas é um dos principais fatores que interferem no potencial produtivo das culturas, devido à competição por água, luz e nutrientes, com a cultura de interesse econômico (CARPEJANI e OLIVEIRA JR., 2013).

Os métodos de manejo de plantas daninhas estão convergindo de maneira mais sustentável possível, integrando todos os métodos de controle, tais como cultural, mecânico e químico aos sistemas de produção. Desses métodos, o controle químico predomina nos sistemas de produção agrícola usados em todo o mundo (ZIMDAHL, 2013).

O momento ideal para o controle das plantas invasoras é determinado com base nos conhecimentos sobre os períodos de interferência, em que os danos econômicos podem ser significativos e irreversíveis. Nesse sentido, há a definição de três períodos: Período anterior à interferência (PAI), é o período a partir da semeadura, em que a cultura pode conviver com as plantas daninhas, antes que a interferência se estabeleça e cause redução da produtividade. Período crítico de prevenção à interferência (PCPI), trata-se do período de controle das plantas daninhas, no qual as plantas daninhas irão competir e causar danos à produtividade da cultura e, portanto, período em que as invasoras não podem conviver com a cultura. Período total de prevenção à interferência (PTPI), refere-se ao período total, a partir da emergência em que a cultura deve ser mantida livre da presença das plantas daninhas para que a produtividade não seja afetada. O PTPI também pode ser interpretado como o período em que o herbicida deve estar atuando no controle das invasoras (NEPOMUCENO *et al.*, 2007; PITELLI e DURIGAN, 1984).

Os herbicidas pré-emergentes eram utilizados no controle de plantas daninhas antes do advento da soja RR. Os maiores problemas para a obtenção

de resultados satisfatórios com os produtos utilizados em soja convencional estão relacionados à resistência de determinados biótipos aos herbicidas convencionais, especialmente os inibidores da ALS, à limitação da época de aplicação, ao baixo espectro de ação da maioria dos herbicidas e aos riscos de fitointoxicação da cultura (EMBRAPA, 2020).

Com o desenvolvimento dos organismos geneticamente modificados (OGMs), a exemplo da soja transgênica, intensificou-se a seleção de genótipos resistentes ao herbicida glifosato, por permitir aplicações exclusivas desse ingrediente ativo sobre a cultura da soja. Porém, o uso excessivo e repetitivo do glifosato resultou em alta pressão de seleção sobre muitas plantas daninhas, selecionando, assim, populações resistentes a referida molécula, como exemplo podemos citar buva, capim-amargoso, capim-pé-de-galinha etc. (ADEGAS *et al.*, 2010.; TAKANO *et al.*, 2017).

Na cultura da soja geneticamente modificada para tolerância ao glifosato, plantas daninhas resistentes a esse herbicida, como capim-amargoso, buva, azevém, milho voluntário, trouxeram dificuldades no controle químico, tornando-se necessário lançar mão de outras estratégias como outros herbicidas e diferentes mecanismos de ação, modos e épocas de aplicação, para se ter novamente o controle eficaz dessas populações de plantas infestantes. Nesse contexto, a utilização de herbicidas pré-emergentes é uma alternativa de manejo que permite o controle de espécies de plantas daninhas na fase em que elas estão mais suscetíveis aos princípios ativos. Segundo Radosevich *et al.* (2007), o processo de germinação/emergência de plantas daninhas representa a fase mais suscetível à interferência por distúrbios de natureza física, química ou biológica. A precocidade no controle é outra vantagem desse método, uma vez que a competição inicial do mato com a cultura é evitada.

4.2. Épocas de Aplicação de Herbicidas Pré e Pós-emergentes e Mecanismos de Ação

Considerando-se um sistema de cultivo, a interferência das plantas daninhas em uma cultura deve ser reduzida até o nível em que as perdas sejam iguais ao custo do controle, ou seja, de modo que não interfiram na produção econômica da cultura (SILVA *et al.*, 1999).

O controle químico de plantas daninhas consiste na utilização de

herbicidas que podem ser aplicados em pré ou em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas. As pulverizações de pré-emergentes são aquelas feitas antes da emergência das plantas daninhas ou logo após a semeadura sem incorporação (AGOSTINETTO *et al.*, 2015).

O uso de herbicidas pré-emergentes tem desempenhado importante papel no manejo e controle de plantas daninhas em sistemas agrícolas. Esses herbicidas atuam diretamente no banco de sementes do solo (sementeira), inibindo e/ou inviabilizando a germinação dessas sementes, reduzindo, por consequência, os fluxos de emergência de plantas daninhas, além de possibilitar maior uniformidade de emergências das sementes remanescentes, permitindo o melhor posicionamento dos herbicidas pós-emergentes (SANTOS, 2023).

No manejo pré-semeadura da cultura (plantio direto), que abrange a dessecação ou preparação da área, com ou sem o uso de ingredientes ativos de efeito residual, destacam-se os produtos: glifosato (inibidor da EPSPs), chlorimuron-ethyl (inibidor de ALS), imazaquin e imazetapir (inibidores de ALS), diclosulam (inibidor de ALS), flumioxazina (inibidor de PROTOX) (ALONSO *et al.*, 2013). Entre outros, como diuron (inibidor do fotossistema II), piraxosulfona (inibidor da biossíntese de ácidos graxos), trifluralina (inibidor da formação de microtúbulos), clomazone (inibidor da síntese de pigmentos de carotenóides), metribuzin (inibidor do fotossistema II), s-metolachlor (inibidor de ácidos graxos) e sulfentrazone (inibidor da PROTOX).

Uma restrição importante no manejo é o fato de existir a confirmação de populações resistentes a herbicidas com mecanismo de ação inibidores da enzima aceto lactato sintase (ALS) e do Protoporfirogênio Oxidase (PROTOX) (HEAP, 2023).

Agostinetti *et al.* (2015) afirmam que o uso de herbicidas em pré-emergência oferece a vantagem do controle das plantas daninhas, antes que essas possam competir com a cultura e provocar redução na produtividade.

Para Vargas e Roman (2006a), o desempenho dos herbicidas pré-emergentes depende de fatores como: temperatura, tipo de solo e espécies de plantas daninhas a serem controladas e disponibilidade de água, uma vez que a ocorrência de chuva ou irrigação após a aplicação é de suma importância para a incorporação do produto ao solo, aumentando a eficácia do mesmo e evitando as possíveis perdas, conforme ilustração na Figura 1.

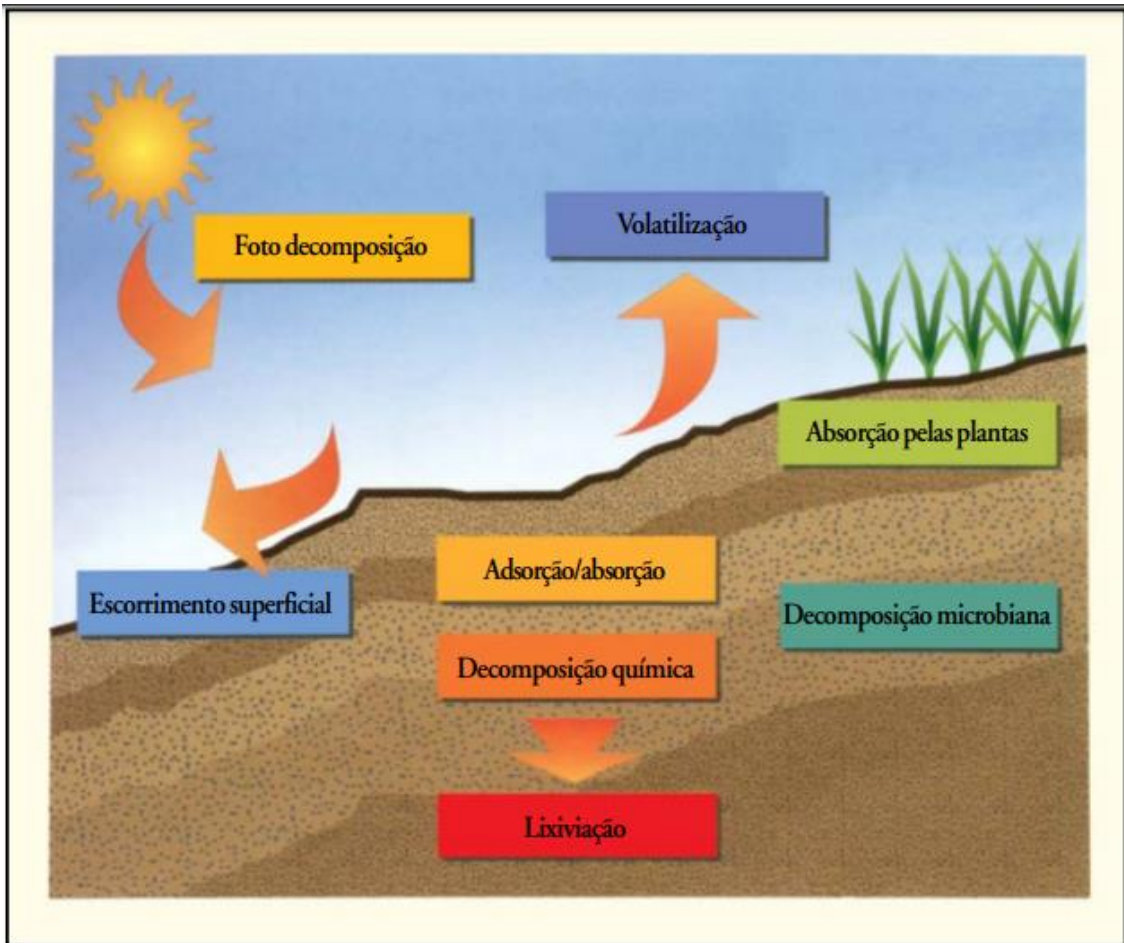


Figura 1. Processos físicos e biológicos que afetam a disponibilidade dos herbicidas no solo.

Fonte: Roman *et al.* (2005).

A aplicação de herbicidas pós-emergentes é efetuada após a emergência das plantas daninhas e tem como objetivo evitar que essas interfiram no desenvolvimento da cultura. Dentre as vantagens, têm-se a aplicação localizada, a pouca influência das características do solo, a possibilidade em se utilizar no sistema convencional e no sistema plantio direto e a escolha do produto com base na população de daninhas que se encontra na área (AGOSTINETTO *et al.*, 2015).

Quando são seletivos para a cultura, podem ser aplicados em pós-emergência da cultura e da planta daninha; é o caso do chlorimuron e cloransulam (inibidores de ALS) na soja, graminicidas como o fenoxaprop, fluazifop, haloxyfop, propaquizafop, quizalofop, propaquizafop, sethoxydim e clethodim (FOPs e DIMs são inibidores de ACCase) em soja (GIRALDELI, 2019).

4.3. Espécies de Plantas Daninhas Resistentes

Uma planta daninha resistente caracteriza-se por sobreviver à ação de determinado herbicida que, em condições normais, controla os demais indivíduos da mesma população (SILVA, 2017). Segundo Monquero (2014), a capacidade de sobreviver a determinado herbicida tem origem na variabilidade genética natural de algumas plantas, sendo assim o herbicida apenas seleciona os biótipos mais adaptados ao ambiente, que já existem na população de indivíduos de uma determinada espécie, devido à ampla variabilidade genética e espacial de ocorrência das plantas daninhas.

O uso excessivo de herbicidas com mesmo mecanismo de ação, durante o ciclo da cultura, viabiliza as plantas daninhas tolerantes e resistentes. As tolerantes são plantas que, após o uso de herbicidas, ainda com injúrias, sobrevivem e podem reproduzir-se. Já as plantas resistentes são aquelas que, mesmo com as doses prescritas para o controle, não sofrem danos ou injúrias (VARGAS *et al.*, 2016).

No Brasil, existe grande variedade de plantas daninhas resistentes aos herbicidas utilizados, sendo principalmente os grupos químicos dos inibidores de Acetolactato Sintase (ALS), inibidores de Acetil CoA Carboxilase (ACCCase) e inibidores de Enolpiruvil Shiquimato Fosfato Sintase (EPSPs). Esse último grupo é representado pelo herbicida mais utilizado no mundo, o glifosato (HEAP, 2023).

Espécies de plantas daninhas resistentes ao glifosato, como capim-amargoso, buva, azevém, vassourinha de botão, requerem manejo específico que deve começar antes da emergência da planta, tendo em vista que o controle de plantas adultas dessas espécies se torna dificultado e com custo elevado (EMBRAPA, 2020).

As principais plantas daninhas resistentes aos mecanismos de ação, no Brasil, com o respectivo ano de acontecimento, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Espécies de plantas resistentes aos mecanismos de ação, ano de ocorrência e local de ação

Espécie	Nome comum	Primeiro ano	Local de ação do herbicida na planta
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	2023	ACCCase
		2016	EPSPs
		2017	ACCCase e EPSPs
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	2004	ALS e PROTOX
		2019	EPSPs
<i>Conyza bonariensis</i> e <i>Conyza canadensis</i>	Buva	2005	EPSPs
<i>Digitaria insularis</i>	Campim-amargoso	2008	EPSPs
		2016	ACCCase
<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	2010	ACCCase e EPSPs
		2011	ALS e EPSPs
<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	2017	ALS, FSI, FSII, PROTOX, EPSPs e Mimetizadores da auxina
<i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru-gigante	2016	ALS e EPSPs
<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	2016	ALS e FSII
<i>Amaranthus hybridus</i>	Caruru-roxo	2018	ALS e EPSPs

Fonte: HEAP (2023).

4.4. Características dos Herbicidas Utilizados em Pré e Pós-Emergência e Seus Mecanismos de Ação:

4.4.1. Glifosato

O glifosato é um herbicida não seletivo, de ação sistêmica e pós-emergência, pertencente ao grupo químico glicina substituída e que atua, inibindo a enzima 5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs).

O glifosato inibe a EPSPs por competição com o substrato PEP (fosfoenolpiruvato), evitando a transformação do chiquimato em corismato. A enzima EPSPs é sintetizada no citoplasma e transportada para dentro do cloroplasto onde atua, e então o glifosato se liga a ela pela carboxila do ácido glutâmico (glutamina) na posição 418, na sequência de aminoácidos (SHANER e BRIDGES, 2003).

De acordo com Mendes e Silva (2022), logo após a aplicação, as plantas tratadas com glifosato param de crescer. Há uma redução acentuada nos níveis dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Por outro lado, observa-se aumento acentuado na concentração de chiquimato, precursor

comum na rota metabólica dos três aminoácidos aromáticos, no entanto essa simples redução de aminoácidos e a acumulação de chiquimato não seriam suficientes para a ação herbicida; acredita-se que a desregulação da rota do ácido chiquímico resulta na perda de carbonos disponíveis para outras reações celulares na planta, uma vez que 20% do carbono das plantas são utilizados nessa rota metabólica, pois a fenilalanina, a tirosina e o triptofano são precursores da maioria dos compostos aromáticos nas plantas como lignina, flavonoides e ácidos benzoicos. O glifosato também proporciona a redução da síntese de fitoalexinas. Há um aumento da concentração em níveis tóxicos de nitrato, etileno, ácido cinâmico e outros compostos que aceleram a morte da planta.

Descoberto em 1975, é o único herbicida com esse mecanismo de ação e o mais comercializado no mundo, em diferentes formulações. É uma molécula fortemente adsorvida pelos coloides do solo, sobretudo pela matéria orgânica, argila e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (MENDES, 2021). Devido à alta sorção e baixa dessorção, o glifosato apresenta baixa capacidade de lixiviação, tornando o processo de escoamento superficial (*runoff*) um dos mais importantes no seu transporte. O glifosato pode ser degradado por agentes biológicos e químicos. Em relação a degradação biológica, as bactérias são as principais responsáveis, seguidas dos fungos. Esse produto é fotoestável e não fotodegradado.

4.4.2. Diclosulam

É um herbicida seletivo à cultura da soja aplicado diretamente no solo, recomendado para o controle em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura da soja. Pertence ao grupo químico pirimidina sulfonanilidas e atua na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), a qual é essencial para a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (MENDES e SILVA, 2022). Essa inibição interrompe a síntese proteica que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular; em consequência disso, as plantas têm seu crescimento paralisado, evidenciando sintomas de amarelecimento do meristema e redução do sistema radicular.

A ALS é uma enzima, na qual várias alterações de aminoácidos são capazes de modificar a ligação de vários herbicidas inibidores em diferentes

graus, dependendo do aminoácido e do inibidor, e isso poderia causar uma perda de atividade enzimática que comprometeria a planta. Assim, muitas espécies de plantas daninhas têm selecionado resistência aos inibidores da ALS. Em alguns casos, apenas três ou quatro anos de uso resultaram em populações de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da ALS (DAYAN *et al.*, 2018).

O herbicida tende a ser moderadamente persistente em sistemas de solo e apresenta baixa toxicidade para mamíferos e alto potencial de bioacumulação (MENDES e SILVA, 2022). O produto apresenta baixa solubilidade em água, não é volátil, e, com base em suas propriedades físico-químicas, é muito móvel e pode lixiviar para o lençol freático (MENDES *et al.* 2019).

4.4.3. Sulfentrazone

Herbicida pré-emergente e pós-emergente, pertencente ao grupo químico triazolona, não sistêmico e atua na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), sendo que tal enzima é responsável pela biossíntese da clorofila e heme, que catalisa a oxidação de protoporfirinogênio IX para protoporfirina IX, no cloroplasto. A inibição da PROTOX leva ao acúmulo de protoporfirina IX, o primeiro absorvedor de luz, precursor da clorofila. Lipídios e proteínas são atacados e oxidados, resultando na perda de clorofila e carotenóides e em membranas com vazamento, permitindo que as células e organelas celulares sequem e se desintegrem rapidamente (DUKE e DAYAN, 2018). A absorção do sulfentrazone pelas plantas ocorre pelo sistema radicular e apresenta movimentação limitada no floema. Tem sorção aos colóides do solo e possui mobilidade moderada. A decomposição microbiana parece ser a via mais importante de degradação do produto no solo (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018).

Segundo Dayan *et al.* (2018), os herbicidas inibidores da PROTOX mais eficazes são os aplicados em baixas doses (alguns gramas do ingrediente ativo por hectare). A maioria dos herbicidas desse mecanismo de ação é aplicada diretamente nas folhas, em pós-emergência, embora haja alguns que são aplicados no solo, como o próprio sulfentrazone.

A atividade desses herbicidas é expressa por necrose foliar da planta tratada em pós-emergência, após 4-6 horas de luz solar. Os primeiros sintomas são manchas verde-escuras nas folhas, dando a impressão de que estão

encharcadas pelo rompimento da membrana e derramamento do líquido citoplasmático nos intervalos celulares. A esses sintomas iniciais, segue-se a necrose. Após a absorção e pequena translocação desses herbicidas até o local de ação, a luz é sempre necessária à ação do herbicida. O uso de um herbicida inibidor do transporte de elétrons na fotossíntese do FSII, ou mesmo de um mutante de planta amarelo (não fotossintetizante), não reduziu o dano causado pela aplicação de um difenil éter. Isso demonstra que o requerimento de luz para a atividade herbicida dos difeniléteres pode não estar relacionado à fotossíntese (MENDES e SILVA, 2022).

De acordo com Weller (2003a), a ação tóxica dos herbicidas inibidores da PROTOX, quando aplicados em pré-emergência, manifesta-se nas plantas, próximo da superfície do solo, durante a emergência das plântulas.

4.4.4. Diuron

Trata-se de um herbicida de ação sistêmica, pré e pós-emergente do grupo químico ureia, responsável pela inibição do fotossistema II.

Ao ser aplicado no solo, a absorção do herbicida ocorre por meio das raízes das plantas, movendo-se com o fluxo da água para as folhas pelo xilema. As plantas daninhas expostas às aplicações no solo de grande parte dos herbicidas inibidores do fotossistema II irão germinar e emergir, absorver o herbicida do solo por suas raízes e translocá-lo para as folhas, onde a fotossíntese é inibida (MENDES e SILVA, 2022).

Para Rodrigues e Almeida (2018), o diuron, que apresenta persistência no solo de 4-8 meses, é muito sorvido pelos coloides orgânicos e minerais, sendo sua atividade altamente influenciada pelas características físico-químicas do solo; por essa razão, é pouco móvel no perfil do solo. Em solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica, o diuron pode atingir o sistema radicular das culturas, tornando-as sensíveis.

Segundo Mendes e Silva (2022), muitos herbicidas inibidores do FSII (derivados das triazinas, ureias substituídas, fenóis etc.) causam essa inibição, prendendo-se à proteína D1 no sítio onde se prende a plastoquinona Qb. A ligação do herbicida nessa localização da proteína bloqueia o transporte de elétrons de Qa para Qb e interrompe a fixação de CO₂ e a produção de ATP e NADPH₂, necessários ao crescimento da planta.

4.4.5. S-metolachlor

De acordo com Dayan *et al.* (2018), o herbicida seletivo de pré-emergência pertence ao grupo químico cloroacetamidas e atua inibindo a síntese de ácidos graxos de cadeias muito longas, sendo usado na pré-emergência de plantas daninhas eudicotiledôneas e gramíneas, mas sua atividade nas gramíneas é geralmente mais eficiente. Os ácidos graxos de cadeias muito longas presentes no retículo endoplasmático são usados pelas plantas para a síntese das ceras, cutinas e suberinas, necessárias para manter a umidade nas células e tecidos vegetais e para manter certas substâncias do lado de fora.

Para Mendes e Silva (2022), o grupo químico das cloroacetamidas relaciona-se com a inibição da síntese de lipídios, ácidos graxos, terpenos, flavonóides e proteínas. A maioria dos efeitos bioquímicos e fisiológicos relatados sobre o modo de ação desses herbicidas pode ser interpretada com base na inibição da síntese de proteínas. As cloroacetamidas são conhecidas como agentes alquilantes, ou seja, impedem a célula de se reproduzir, danificando o seu DNA. Elas podem alquilar aminoacil-tRNAs específicos e, com isso, inibir a síntese de proteínas, e podem também alquilar nucleófilos biológicos. A retirada do nucleófilo pode acontecer entre o halogênio das cloroacetamidas e o nucleófilo, sendo este transferido (por exemplo, o grupo amino do metionil-tRNA inicial). Os efeitos das cloroacetamidas sobre a síntese de gorduras podem ser atribuídos à interferência no metabolismo do CoA, sendo esta enzima o ponto de começo de muitas rotas metabólicas. Pelo menos *in vitro*, já foi mostrado que o herbicida alachlor é capaz de alquilar a CoA.

Uma característica dos herbicidas desse grupo químico é o controle de plântulas de muitas espécies de gramíneas anuais e algumas eudicotiledôneas antes da emergência. Em áreas tratadas com esses produtos, as sementes iniciam o processo de germinação, mas não chegam a emergir, e quando o fazem, exibem crescimento anormal. Em combinação com outros herbicidas, eles podem auxiliar no controle de eudicotiledôneas, porém, isoladamente, o controle não é consistente. O maior uso está ligado ao controle em pré-emergência de espécies de plantas daninhas gramíneas e Commelinaceae (MENDES e SILVA, 2022).

Em razão de sua absorção ser quase nula pelas folhas e, em vez disso,

ser quase total pelo coleótipo das gramíneas e pelo epicótilo das eudicotiledôneas, é essencial que sua aplicação seja feita antes da completa emergência das plantas. O produto é sorvido pelos coloides de argila e matéria orgânica; por isso, sua lixiviação é de fraca à moderada, exceto em solos arenosos. Devido à sensibilidade do S-metolachlor, à fotodegradação e à volatilização, a sua eficácia fica comprometida, se for aplicado em solo seco e não ocorrer chuva de intensidade superior a 10 mm, no espaço de 5 dias (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018).

4.4.6. Imazetapir

Imazetapir é um herbicida seletivo de ação sistêmica, cuja utilização pode ocorrer de forma pré e pós-emergente; pertence ao grupo químico imidazolinona e, assim como o diclosulam, atua na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) (MENDES e SILVA, 2022).

A molécula é fracamente sorvida em solo com pH alto, mas essa sorção aumenta em pH baixo, também sendo pouco lixiviado (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018). Apresenta lenta degradação do solo (tempo de meia vida de 60 dias), podendo causar toxicidade a algumas culturas de inverno que forem cultivadas em sucessão à soja tratada com esse herbicida (SILVA; OLIVEIRA Jr; FERREIRA, 1999).

De acordo com Mendes e Silva (2022), no Brasil, o herbicida é registrado para uso exclusivo na cultura da soja, sendo o milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) muito sensíveis aos resíduos de imazetapir no solo. Recomenda-se que a aplicação desse produto seja realizada em pós-emergência precoce, estando as eudicotiledôneas, no estágio cotiledonar, com até quatro folhas; e as monocotiledôneas, entre uma e quatro folhas, o que geralmente acontece entre 5 e 15 dias, após a semeadura da soja.

4.4.7. Flumioxazina

Trata-se de um herbicida seletivo, possui ação por contato, pré e pós-emergente, pertence ao grupo químico ciclohexenodicarboximida e atua inibindo a ação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX).

Quando aplicado ao solo, as plântulas tornam-se necróticas e morrem logo após a exposição à luz solar. Em plantas adultas, o contato foliar com

flumioxazin provoca desidratação rápida e necrose dos tecidos vegetais expostos. O flumioxazin é absorvido pelas raízes e folhagem das plantas tratadas (SENSEMAN, 2007).

Para Macedo (2015), a utilização deste herbicida em pré-emergência da cultura da soja traz vantagens e segurança na aplicação em relação a possíveis injúrias à cultura, visto que a molécula apresenta alto potencial de fitotoxidez.

Mesmo não tendo o coeficiente de sorção normalizado pelo teor de carbono orgânico do solo conhecido, o ingrediente ativo tem baixo potencial de lixiviação, com degradação principalmente microbiana, sendo suscetível à fotodegradação e não persistente no solo. É absorvido pelas raízes e folhas, mas tem movimento limitado no simplasto, sendo recomendado em pré-emergência e aplicação pós-dirigida (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018).

4.4.8. Piroxasulfona

O princípio ativo piroxasulfona é um herbicida seletivo, de ação sistêmica, pertence ao grupo químico das isoxazolininas e atua inibindo a divisão celular ou síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa (do inglês *very long chain fatty acids* VLCFA). É recomendado para o controle em pré-emergência de diversas plantas daninhas, apresenta baixa solubilidade em água, baixa volatilização e considerado não persistente, possui baixa sorção no solo e, por consequência, é moderadamente móvel (MENDES e SILVA, 2022).

Os ácidos graxos de cadeia muito longa estão presentes em baixas concentrações nas membranas plasmáticas; o herbicida liga-se à enzima VLCFA *elongase* e inibe a formação de VLCFA compostos de 20-30 carbonos nas suas estruturas. Uma redução na quantidade desses compostos nas membranas celulares leva à interrupção da divisão e do crescimento celular, apresentando sintomas de redução no crescimento e enrolamento ou torção das folhas, atuando na parte aérea, havendo evidências, segundo Shaner e Weller (2003), que relacionam esse modo de ação dos herbicidas ao controle hormonal.

4.5. Efeitos Residuais de Herbicidas Pré-emergentes na Soja

Os herbicidas pré-emergentes são produtos que têm efeito residual prolongado no solo, controlando a germinação das sementes e desenvolvimento inicial das plantas daninhas, cujo efeito residual varia de acordo com a estrutura

química física do solo, períodos climáticos, como veranicos, precipitação pluviométrica e a decomposição microbiana (SILVA *et al.*, 1999).

A utilização de herbicidas pré-emergentes possibilita a aplicação de moléculas de diferentes mecanismos de ação no sistema de produção da soja (ARSENIJEVIC *et al.*, 2022). O seu efeito residual no solo favorece o crescimento inicial da cultura no limpo e pode contribuir para a melhoria de eficácia do glifosato na pós-emergência da soja (RIZZARDI *et al.*, 2020). Esse fato pode estar relacionado ao controle e à supressão de crescimento de algumas espécies. A redução da taxa de crescimento da planta daninha possibilita maior vantagem competitiva à cultura e/ou maior eficácia do glifosato, quando aplicado sobre plantas em estádios iniciais de desenvolvimento (LÓPEZ-OVEJERO *et al.*, 2013).

Além do efeito residual prolongado no período crítico de estabelecimento da cultura, também auxilia no impedimento de um novo fluxo de emergência das invasoras (banco de sementes). Desta maneira, com o término do efeito residual, em que um fluxo das espécies indesejadas ocorrerá, o manejo pós-emergente torna-se mais facilitado, por agir em um *stand* de plantas uniforme e no estágio fenológico da cultura ideal para a sua aplicação (MONQUERO *et al.*, 2008).

A textura do solo e o teor de matéria orgânica são fatores importantes sobre o efeito residual dos herbicidas. Solos de textura argilosa e com alto teor de matéria orgânica retêm mais herbicidas em seus coloides, disponibilizando menor quantidade de ingrediente ativo na solução do solo. Em contrapartida, solos de textura arenosa e com baixo teor de matéria orgânica disponibilizam maior quantidade do ingrediente ativo para as plantas, em razão da menor superfície de retenção, necessitando, portanto, de menores doses de herbicida pré-emergente (CORREIA, 2018).

4.6. Dosagem de Glifosato em Pós-Emergência da Soja

A soja com a tecnologia Roundup Ready (RR®) ocasionou mudanças no manejo de plantas daninhas, uma ferramenta que facilita a utilização do ingrediente ativo glifosato (GAZZIERO *et al.*, 2008). Essa tecnologia estabelece, na cultura, o mecanismo de resistência à molécula - sobre a expressão da enzima EPSPS sintase e/ou metabolismo do herbicida - enzima GOX (DUKE e POWLES, 2008).

As doses do herbicida variam de acordo com a sua formulação e os alvos a serem controlados, ou seja, é importante levar em consideração a espécie da planta daninha presente no local e seu estágio fenológico. As formulações encontradas são dispostas em concentrado solúvel (SL), com doses variando de 1 a 5 litros ha⁻¹ de produto e grânulos dispersíveis em água (WG), com doses variando de 1 a 3 kg ha⁻¹.

Recomendações de doses e momentos de aplicação devem ser cautelosos, uma vez que, mesmo em cultivares de soja tolerantes ao glifosato, o herbicida pode causar efeitos indesejáveis, gerando estresses que atuam de forma negativa sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, afetando diretamente a produtividade da cultura (ZADINELLO *et al.*, 2012).

Um evento que pode ocorrer é o sintoma chamado de “*yellow flashing*”, quando após aplicação do glifosato, ocorre o amarelecimento das folhas, devido à imobilização de alguns micronutrientes (Fe e Mn) pelo glifosato. A duração desse sintoma está ligada à capacidade de as plantas de repor esses nutrientes em níveis adequados, seja por absorção radicular, seja foliar. Todavia, a ocorrência dessa sintomatologia varia de acordo com a cultivar de soja utilizada, a dose do ingrediente ativo, a formulação do produto e fatores ambientais (ZOBIOLE *et al.*, 2010; JOLLEY *et al.*, 2004; EKER, 2006).

Essas informações devem ser consideradas, mas outro fator importante é o controle eficiente de plantas daninhas na área de produção, visto que esse é o principal objetivo da aplicação do glifosato na área.

4.7. Efeitos Negativos do Glifosato

Em geral, os agrotóxicos são os contaminantes mais comumente encontrados no solo, onde sua permanência ou degradação dependem de muitas variáveis químicas, físicas, biológicas e climáticas (SARKAR *et al.*, 2020). Os agrotóxicos podem permanecer no solo, serem lixiviados, degradados ou volatilizados, dependendo de suas propriedades químicas e interações com fatores ambientais (ENFIELD e YATES, 1990).

A degradação do glifosato encontrado em águas subsuperficiais e solos contaminados depende, entre outros fatores, principalmente da atividade microbológica. Desta forma, microrganismos capazes de degradar o glifosato poderiam potencialmente ser utilizados para transformar esse agrotóxico e seus

resíduos em moléculas menos tóxicas ou atóxicas (ZHAN *et al.*, 2018). Segundo Gerecke *et al.* (2002), a contaminação por glifosato depende de fatores humanos como a quantidade utilizada e a frequência de sua aplicação nas lavouras, eventos de precipitação que causam o escoamento e a direção do fluxo de água.

Segundo Hermansen *et al.* (2020) e Castro (2012), o glifosato é uma molécula que apresenta adsorção com coloides do solo, podendo ser encontrado na superfície do solo, mesmo quatro meses após a sua aplicação em concentrações consideradas altas. Isto pode contribuir para o escoamento superficial da molécula durante os eventos de chuva, sendo capaz de gerar inclusive a contaminação de águas superficiais de lagos e rios.

4.8. Impactos na Microbiota do Solo

De acordo com Brito (2016), a fauna do solo corresponde à comunidade de invertebrados que passam toda ou parte de sua vida no solo ou na serrapilheira desempenham importante papel no ecossistema, pois é responsável pela decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e energia, fixação de N atmosférico, proporcionando, também, a produção de húmus. Neste contexto, a contaminação do solo por produtos à base de glifosato pode inibir parte da microbiota pela toxicidade de seus componentes, mas também impulsionar populações que habitam naturalmente ali, por serem capazes de degradar esses compostos.

Segundo Mattos *et al.* (2002), os microorganismos são os principais responsáveis pela degradação do glifosato. Aproximadamente 50% da molécula original pode ser metabolizada em 28 dias, chegando a 90% em 90 dias (RODRIGUES e ALMEIDA, 1995).

Os efeitos adversos decorrentes da introdução do glifosato no meio ambiente podem ser sentidos pela comunidade biótica, ocasionando desequilíbrios bioquímicos na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Por outro lado, dosagens inferiores ou adequadas de compostos químicos nesses ambientes podem também servir como fonte de nutrientes, principalmente de carbono, nitrogênio e fósforo (MONTEIRO, 2001).

A ação dos microrganismos sobre substâncias xenobióticas (compostos químicos) presentes no meio ambiente constitui-se mecanismo de suma importância, sendo reconhecida como o principal fator que determina a taxa e a

extensão em que são degradados no ambiente. Além disso, as taxas de degradação são influenciadas pela biomassa microbiana ativa e pela disponibilidade do composto para a degradação (BEIGEL e CHANNY, 1999).

Segundo Lemos e Musafir (2014), a contaminação do solo ocorre com a intensidade da utilização dos agrotóxicos na agricultura, como maneira de minimizar os danos às plantações.

4.9. Tecnologia de aplicação

A eficiência de uma aplicação é mensurada por meio da razão da dose técnica requerida para o controle de determinado alvo, seja praga, doença ou planta daninha, pela dose real empregada. Quanto menor a disparidade entre essas doses, maior a eficiência da aplicação. A fim de que se obtenha eficiência máxima desta operação, é importante considerar a experiência do aplicador, o alvo, o produto utilizado, a cobertura (relacionada ao volume de calda e diâmetro de gota), o equipamento de pulverização e os fatores de interferência, especialmente os climáticos (EMBRAPA, 2020).

Existem substâncias que, quando adicionadas à calda, potencializam a eficiência ou modificam alguma característica que se considera importante para melhorar o efeito da aplicação. Os adjuvantes são divididos em dois grupos: os modificadores das propriedades de superfície dos líquidos (surfactantes: espalhante, umectante, detergentes, entre outros) e os aditivos (óleo mineral ou vegetal, sulfato de amônio e ureia, entre outros) que afetam a absorção em razão da ação direta sobre a cutícula (VARGAS e ROMAN; 2006b).

De acordo com Contiero, Biffe e Catapan (2018), recomendações de utilização de óleo emulsionável, junto à calda, são feitas, a fim de evitar a evaporação, no entanto diversos experimentos comprovaram que o óleo não atua como antievaporante da água. Observa-se que a parte aquosa da gota evapora com a mesma velocidade da água e, no final, resta somente a porção correspondente ao óleo que, por sua vez, quebra a serosidade presente nas folhas das plantas daninhas, facilitando a absorção do produto.

Nas pulverizações dos herbicidas pré-emergentes, a utilização do óleo com a finalidade de melhorar a absorção do produto pela planta é dispensada, tendo em vista que a ação da molécula ocorre pela absorção radicular, no início do processo de germinação das sementes.

5. Referências Bibliográficas

ADEGAS, F. S. Pré-emergente é uma das alternativas para manejo de plantas daninhas resistentes. **Produção vegetal**, 24 maio. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43589195/pre-emergente-e-uma-das-alternativas-para-manejo-de-plantas-daninhas-resistentes>. Acesso em: 04 jan. 2024.

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas: Responsabilidade Social e Ambiental no Manejo de Plantas Daninhas, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 761-765.

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P. SILVA, A. A. Manejo de plantas daninhas. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015, p. 234-255.

ALONSO, D. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. Potencial de carryover de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal. In: CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; OLIVEIRA NETO, A. M. (Ed.). **Buva: Fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba, PR: Omnipax, cap. 08, p. 91-104, 2013.

ARSENIJEVIC N.; DEWERFF, R.; CONLEY, S.; RUARK, M.; WERLE, R. Influence of integrated agronomic and weed management practices on soybean canopy development and yield. **Weed Technology**, v. 36, n. 1, p. 1-6, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/wet.2021.92>. Acesso em: jul. 2023.

BEIGEL, C.; CHANNAY, M. P. Degradation of formulated and unformulated fungicide in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 31, n. 4, p. 59-65, 1999.

BRITO, M. F. de.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F. da.; MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. In: **Pesquisa agropecuária**

brasileira, Brasília, v. 51, n. 3, p. 253-260, 2016.

CARPEJANI, M. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Manejo químico de capim-amargoso resistente a glyphosate na pré-semeadura da soja. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 8, n. 1, p. 26-33, 2013.

CASTRO, A. S. Avaliação da degradação do Herbicida Glifosato e o metabólito AMPA no solo da bacia do Arroio Donato–Pejuçara (RS). **Revista Atitude**, v. 12, p. 125-130, 2012.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2023/24**. Brasília: CONAB, v. 11, n. 5. 123p, 2024.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018, p. 401-449.

CORREIA, N. M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018. 30p. (Documentos 160).

DAYAN, F. E.; BARKER, A.; BOUGH, R.; ORTIZ, M.; TAKANO, H. K.; DUKE, S. O. Bioactivity of Herbicides – Herbicide Mechanisms of Action and Resistance. In: MOO-YOUNG, M. **Comprehensive Biotechnology**. 3. ed. Pergamon: Elsevier, 2018. p. 23-35.

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; **Herbicides**. In: eLS Chichester: John Wiley e Sons. 2018. 9p.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once in a century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 319–325, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/ps.1518>. Acesso em: jul. 2023.

EKER, S. et al. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and

transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 26, p. 10019–10025, 2006.

EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347p. (Sistemas de produção, 17).

ENFIELD, C. G.; YATES, S. R. Organic chemical transport to groundwater. **Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts and Modeling**, v.2, p. 271-302, 1990.

FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA A. A.; REIS, M. R.; VARGAS, L.; VIANA, R. G.; GUIMARÃES, A. A.; GALON, L. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 261-269, 2008.

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F.; VOLL, E. **Glifosate e a soja transgênica**. Londrina, PR: Embrapa soja, 2008. 4p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, n. 60).

GERECKE, A.; SCHÄRER, M.; SINGER, H. Sources of pesticides in surface waters in Switzerland: pesticide load through waste water treatment plants-current situation and reduction potential, **Chemosphere**, v. 48, n. 3, p. 307-315, 2002.

GIRALDELI, A. L. **Classificação dos herbicidas segundo o modo de aplicação**. 11 dez. 2019. Disponível em: <https://maissoja.com.br/classificacao-dos-herbicidas-segundo-o-modo-de-aplicacao/>. Acesso em: 7 jul. 2023.

HEAP I. The international herbicide-resistant weed database. Disponível em: <https://www.weedscience.org>. Acesso em: 10 dez. 2023.

HERMANSEN, C.; NORGAARD, T.; WOLLESEN DE JONGE, L.; MOLDRUP, P.; MÜLLER, K.; KNADEL, M. Predicting glyphosate sorption across New Zealand pastoral soils using basic soil properties or Vis–NIR spectroscopy. **Geoderma**, v.

360, p. 114009, 2020.

JOLLEY, V. D.; HANSEN, N. C.; SHIFFLER, A. K. Nutritional and management related interactions with iron-deficiency stress response mechanisms. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 50, n. 7, p. 973-981, 2004.

LEMOS, H. M.; MUSAFIR, R. E. **Poluição do solo**, 2014. Disponível em: http://www.mecanica-ufrj.educao.ws/util/b2evolution/media/blogs/ricardo/Apost_Pol_Solos_HML_REM-2014.pdf. Acesso em: 24 ago. 2022.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; SOARES, D. J.; OLIVEIRA, W. S.; FONSECA, L. B.; BERGER, G. U.; SOTERES, J. K.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Herbicidas residuais no manejo de plantas daninhas para soja resistente ao glyphosate no Brasil. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 947-959, 2013.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7. ed. Nova Odessa, SP: Plantarum; 2014. 384p.

LUCIO, F. R.; KALSING, A.; ADEGAS, F. S., ROSSI, C. V. S.; CORREIA, N. M.; GAZZIERO, D. L. P.; SILVA, A. F. Dispersal and frequency of glyphosate-resistant and glyphosate-tolerant weeds in soybean-producing in Brazil. **Weed Technology**, v. 33, n. 1, p. 217-231, 2019.

MACEDO, G. de C. **Efeitos de sistemas de manejo pré-semeadura da soja sobre a dinâmica no solo e eficácia de herbicidas**. 2015. 113 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015.

MATTOS, M. L. T.; PERALBA, M. C. R.; DIAS, S. L. P. PRATA, F.; CAMARGO, L. Monitoramento ambiental do glyphosate e do seu metabólito (ácido aminometilfosfônico) na água de lavoura de arroz irrigado. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, PR, v. 12, n. 1, p. 145-154, 2002.

MENDES, K. F. **Glyphosate: agricultural uses, ecological impacts and potential carcinogenic effects**. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, 2021. 350p.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A. da. **Plantas daninhas: herbicidas**. 1. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, v. 2, 2022. 200p.

MONQUERO, P. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.22, n.3, p.445-451, 2014.

MONQUERO, P. A.; BINHA, D. P.; SILVA, A. C.; SILVA, P. V.; AMARAL, L. R. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 185 – 193, 2008.

MONTEIRO, R. T. R. Biodegradação de pesticidas em solos brasileiros. In: VARGAS, M. C.; MARTINS, J. T. **Biodegradação**. Piracicaba, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S.; PAVANI, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**. v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHED, 1984. p. 37.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3. ed. New Jersey John Wiley & Sons Ltd. 2007. 454p.

REIS, F. C.; MENDES, K. F.; BACCIN, L.; TAKESHITA, V.; TORNISIELO, V. L.;

VICTÓRIA FILHO, R. Seletividade, hormesis e fisiologia dos herbicidas nas plantas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. **Matologia, estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal, SP: Editora Fábrica da Palavra, 2021. p. 295-323.

RIZZARDI, M. A.; ROCKENBACH, A. P.; SCHNEIDER, T. Residual herbicides increase the period prior to interference in soybean cultivars. **Planta Daninha**, v. 38, e020222194, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/73tZ5fLjFLvjXwKkxQd9Q6J/?format=pdf&lang=en> Acesso em: jul. 2023.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 3. ed. Londrina, PR: IAPAR, 1995. 696p.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo, RS: Gráfica Editora Berthier, 2005. 152p.

SANTOS, M. S. dos. Herbicidas pré-emergentes em soja: Controle de plantas daninhas e aumento da produtividade. 08 jun. 2023. Disponível em: <https://maissoja.com.br/herbicidas-pre-emergentes-em-soja-controle-de-plantas-daninhas-e-aumento-da-produtividade/>. Acesso em: 7 jul. 2023.

SARKAR, B.; MUKHOPADHYAY, R.; MANDAL, A.; MANDAL, S.; VITHANAGE, M.; BISWAS, J. K. Sorption and desorption of agro-pesticides in soils. In: **Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation**. Butterworth-Heinemann, 2020. cap.8, p. 189-205.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e uso da soja**. Londrina, PR: Mecenias, 2009. p. 1-5.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide handbook**. 9. ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458p.

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

SHANER, D.; WELLER, S. Cell growth disrupters and inhibitors. In: **Herbicide action course**. West lafayette: Purdue University, 2003. p. 225-260.

SILVA, A. A. da.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F.; Colaboradores: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; VARGAS, L. **Controle de plantas daninhas**. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. 260 p.

SILVA, A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; FERREIRA, L. R. Persistência do grupo das imidazolinonas e efeitos sobre culturas sucessoras de milho e sorgo. **Acta Scientiarum**, n. 3, v. 21, p. 459-465, 1999.

SILVA, A. F. da.; KARAM, D.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; SILVA, W. T. da. **Monitoramento de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas no Estado de Mato Grosso – Safra 2016/2017**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. 2017. 5p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, n. 228).

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAAZ, G. B. P.; GHENO, E. A. Goosegrass resistant to glyphosate in brazil. **Planta Daninha**, v.35, n.e017163071, 2017.

THOMAS, B.; VINCE-PRUE, D. Juvenility, photoperiodism and vernalization. In: WILKINS, M.B., (Ed.) **Advanced plant physiology**. London: Pitman, 1984. p.408-439.

VARGAS, L.; ADEGAS, F.; GAZZIERO, D.; KARAM, D.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, W. T. da. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no brasil: Histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHÉDE, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. **A era glyphosate: agricultura, meio**

ambiente e homem. Londrina, PR: Midiograf II, 2016. Cap. 20, p. 219-239.

VARGAS, L.; ROMAN, E, S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja.** Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2006a. 66p. (Embrapa Trigo – Documentos, n. 62).

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006b. 10 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 56).

WELLER, S. Diquat, paraquat, diphenylethers and oxadiazon uses and mechanism of action. In: **Herbicide action course.** West lafayette: Purdue University, 2003a. p. 185-224.

ZADINELLO, R.; CHAVES, M. M.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; WERNCKE, I. Influência da aplicação de glifosato na produtividade da soja. **Acta Iguazu,** Cascavel, PR, v. 1, n. 4, p. 1-8, 2012.

ZHAN, H.; FENG, Y.; FAN, X.; CHEN, S. Recent advances in glyphosate biodegradation. **Applied Microbiology and Biotechnology,** v. 102, n. 12, p. 5033-5043, 2018.

ZIMDAHL, R. Fundamentos da ciência das ervas daninhas. Nova York: **Academic Press,** 2013. 666 p.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de.; KREMER, R. J.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal Plant Nutrition,** Philadelphia, v. 33, n. 12-14, p. 1860-1873, 2010.

6. Artigo I

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA COM PRÉ-EMERGENTES E GLIFOSATO PÓS-EMERGENTE

Jean Carlo Tadashi Tamanaha Watanabe

Resumo

Atualmente representando cerca de 50% da colheita de grãos no país, a cultura da soja ocupa uma área de 45 milhões de hectares na safra 2023/24, com produção registrada de 149,4 milhões de toneladas de soja. O uso contínuo do mesmo ingrediente ativo vem aumentando a frequência de espécies tolerantes e biótipos resistentes nas áreas agrícolas. Os herbicidas pré-emergentes possuem efeito residual prolongado no solo, sendo uma alternativa eficiente para reduzir a infestação de plantas daninhas resistentes ao glifosato, ao longo do ciclo da cultura. O objetivo do estudo foi avaliar herbicidas pré-emergentes como alternativa de controle de plantas indesejadas e seus efeitos associados ao uso do glifosato como pós-emergente. Os efeitos das moléculas estudadas foram avaliados na população plantas infestantes. O experimento foi conduzido na safra 2022/2023, em esquema fatorial 6 x 3, e os tratamentos distribuídos nas parcelas experimentais em blocos casualizados, com quatro repetições. Avaliou-se o fator A com a utilização de pré-emergentes: 1 - testemunha sem aplicação; 2 - diclosulam; 3 - sulfentrazone + diuron; 4 - s-metolacoloro; 5 - imazetapir + flumioxazina; 6 - piroxasulfona + flumioxazina. O fator B foi avaliado com a utilização de glifosato em pós-emergência: 1 - testemunha sem aplicação; 2 - glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ e 3 - glifosato 1080 g e.a. ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As moléculas diclosulam e imazetapir + flumioxazina foram as mais eficientes no controle das plantas infestantes. A utilização de glifosato, em ambas as doses analisadas, é dispensada para o manejo de *Ipomoea ssp.* e *A. hibrydus*, tendo em vista o valor econômico e o controle satisfatório dos herbicidas pré-emergentes.

Palavras-chave: *Glycine max*, Controle, Herbicidas, Resistência

WEED MANAGEMENT IN SOYBEAN CROPPING WITH PRE-EMERGENT AND POST-EMERGENT GLYPHOSATE

Abstract

Nowadays, representing around 50% of the grain harvest in the country, the soybean culture occupies an area of 45 million acres in the 2023/24 harvest, with recorded production of 149.4 million tons of soybeans. The continuous use of the same active ingredient has increased the frequency of tolerant species and resistant biotypes in the agricultural areas. Pre-emergent herbicides have a prolonged residual effect in the soil, being an efficient alternative to decrease the infestation of weed resistant to glyphosate throughout the crop cycle. The aim of the study was to evaluate the pre-emergent herbicides as an alternative in the control of unwanted plants and their effects associated to the use of glyphosate as a post-emergent. The effects of the studied molecule were evaluated in the weed population. The experiment was conducted in the 2022/2023 harvest, in a 6x3 factorial scheme, and the treatments were distributed across the experimental plots in randomized blocks, with four repetitions. Factor A was evaluated using pre-emergent: 1 – control without application; 2 – diclosulan; 3 – sulfentrazone + diuron; 4 – s-metalachlor; 5 – imazethapyr + flumioxazin; 6 – pyroxasulfone + flumioxazin. Factor B was evaluated with the use of glyphosate in post-emergency: 1 – control without application; 2 – glyphosate 540 g i.a. ha⁻¹ and 3 – glyphosate 1080 g i.a. ha⁻¹. The data were subjected to analysis of variance using the F test and the averages were compared using the Tukey test at 5% significance. The diclosulan and imazethapyr + flumioxazin molecules were the most efficient in the weed control. The use of glyphosate, in both analyzed doses, is not necessary for the management of *Ipomoea* ssp. and *A. hibrydus*, considering the economic value and the satisfactory control of the pre-emergent herbicides.

Keywords: *Glycine max*, Control, Herbicides, Resistance.

Introdução

A soja cultivada (*Glycine max* [L.] Merrill), originária do Leste da Ásia, representa o grão mais importante produzido no Brasil (HYMOWITZ, 1970). A produção de grãos em escala comercial teve início no Rio Grande do Sul, por volta de 1935, sendo que a partir de 1950 a leguminosa se expandiu para o Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste (SEDIYAMA *et al.*, 2009).

A soja geneticamente modificada é cultivada em larga escala em todas as regiões do Brasil. Tal tecnologia possibilita obtenção de cultivares mais adaptados às condições edafoclimáticas, resistência a herbicidas e insetos, além da melhoria da estrutura das plantas e sensibilidade ao fotoperíodo. Dentre os eventos transgênicos, como soja Cultivance®, tolerante aos herbicidas do grupo das imidazolinonas; soja Liberty Link®, tolerante ao herbicida glufosinato de amônio; soja Enlist®, tolerante a 2,4-D, glifosato e glufosinato de amônio, associado às proteínas Bts (*Bacillus thuringiensis*) para controle de lagartas; entre outros, o principal utilizado é o da soja Roundup Ready® (RR), resistente ao herbicida glifosato (SILVA *et al.*, 2022).

De acordo com o *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications* - ISAAA (2019), a soja transgênica representa aproximadamente 98% da área cultivada em território nacional; a tecnologia RR possibilitou aplicações sequenciais do herbicida glifosato em pós-emergência da cultura, obtendo-se eficiência nunca experimentada no controle de plantas daninhas.

De acordo com Silva *et al.* (2022), a competição entre as plantas invasoras e a cultura é notada principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja e, se não manejadas, perdas superiores a 80% na produtividade podem ocorrer. Além da disputa por nutrientes, água e luz, as espécies infestantes podem reduzir a qualidade dos grãos, causar maturação desuniforme, dificultar a operação de colheita e servir de hospedeiro para pragas e doenças.

De acordo com Mendes e Silva (2022), considerando que a maioria dos produtores possuem apenas uma visão imediatista e econômica sobre o controle das plantas daninhas, aplicações repetidas de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação têm sido comuns em várias partes do mundo. Tal prática proporciona alta e contínua pressão de seleção de indivíduos resistentes, dentro uma população de plantas daninhas de mesma espécie (HEAP, 2014; PETERSON *et al.*, 2018; BUERGE *et al.*, 2020).

Os herbicidas utilizados em pré-emergência são aplicados antes ou imediatamente após a semeadura da cultura, alguns até mesmo após a sua emergência, mas sempre antes da emergência das plantas daninhas, pois a ação deles ocorre durante ou logo após a germinação.

De maneira geral, os herbicidas aplicados ao solo são absorvidos pelo sistema radicular. A rota mais importante de entrada é a passagem do herbicida junto com a água pelos radiculares existentes nas extremidades das raízes, responsáveis pelo aumento significativo da área disponível à absorção de água, sais e herbicidas (MENDES e SILVA, 2022).

A aplicação de glifosato é realizada após a emergência das plantas daninhas, sobre os cultivares RR e antes que elas interfiram no desenvolvimento da cultura devido à competição. Tal interferência, considerando-se a cultura, deve ser reduzida até o nível em que as perdas sejam iguais ao custo de controle, ou seja, de modo que não interfiram na produção econômica da cultura (SILVA *et al.*, 1999).

A adoção de herbicidas pré-emergentes ao manejo de plantas daninhas na cultura da soja permite a redução de pulverizações em pós-emergência para o controle de invasoras. Considerando-se que o residual desses produtos pode variar de 30 a 90 dias, o crescimento inicial das plantas ocorre, protegido da matocompetição; após esse período, com o desenvolvimento do dossel das plantas de soja, o crescimento de plantas daninhas é suprimido pelo sombreamento (MENDES e SILVA, 2022).

O estudo foi realizado no ano agrícola 2022/2023, com o objetivo de avaliar o uso de moléculas pré-emergentes como estratégia de manejo de plantas daninhas na cultura da soja, a eficiência destas no controle de plantas infestantes e seus efeitos na espécie cultivada, visando diminuir o fluxo de plantas indesejadas e, conseqüentemente, reduzir o número de pulverizações e doses do herbicida glifosato em pós-emergência.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro Agronômico de Pesquisa e Tecnologia - FERST, localizada na rodovia BR 163, km 26, estrada Linha do Barreirinho, no município de Dourados-MS, tendo como coordenadas 22°16'47.17" Latitude Sul e 54°39'0.15" Longitude Oeste, altitude

de 412 m, no ano agrícola 2022/2023, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2018). De acordo com a classificação climática proposta por Köppen (1936), a região de Dourados é identificada como do tipo Cfa, Cwa e Aw.

As condições meteorológicas durante a condução do experimento encontram-se registradas na Figura 2.

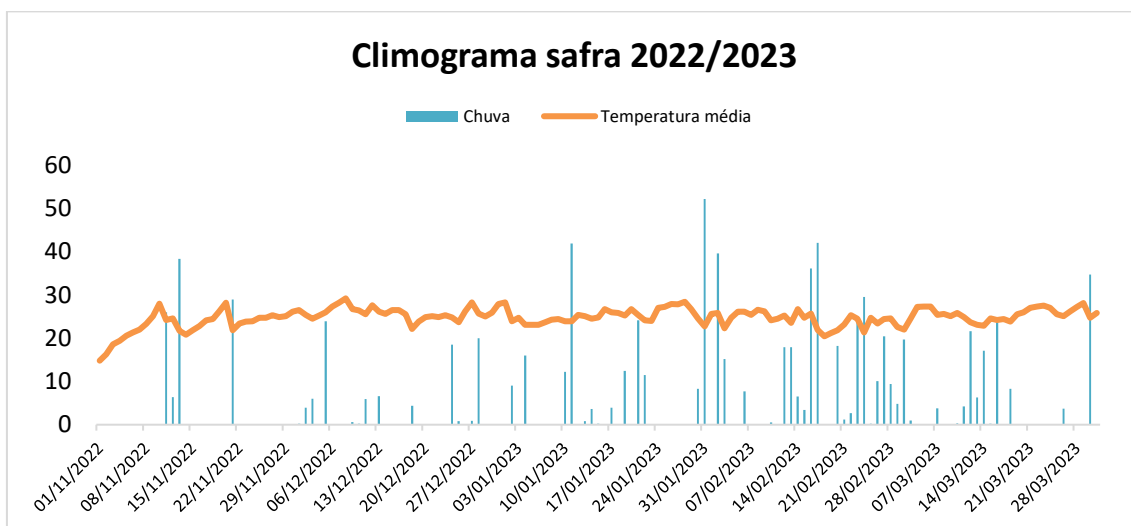


Figura 2 – Dados climáticos durante o ciclo da cultura da soja e condução do experimento.

Fonte: elaborado pelo autor.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, distribuído em esquema fatorial 6 x 3, com 18 tratamentos, quatro repetições, totalizando 72 parcelas, sendo cada uma delas com 5 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas a 0,5 m entre linhas, totalizando parcelas de 12,5 m² (2,5 m x 5 m), perfazendo área total do experimento de 900 m².

Os tratamentos foram constituídos pelo uso de herbicidas aplicados em pré-emergência, isolados ou complementados com pulverização do herbicida glifosato em pós-emergência, em duas doses. O fator A, com 6 níveis de herbicidas pré-emergentes; e o fator B, como pulverização em pós-emergência, em 3 níveis de glifosato, como descrito na tabela 2.

Tabela 2 - Tratamentos realizados no experimento, produtos e respectivas doses

----- Pré-emergentes -----			----- Pós-emergente -----		
Ingrediente ativo	L ou kg ha ⁻¹	g i.a ha ⁻¹	Ingrediente ativo	L ou kg ha ⁻¹	g e.a ha ⁻¹
Sem aplicação	0,000	0,0	Sem aplicação	0	0
Diclosulan	0,035	29,4	Sem aplicação	0	0
		210+42			
Sulfentrazone e Diurom	1,200	0	Sem aplicação	0	0
S-metalaclor	1,500	1440	Sem aplicação	0	0
Imazethapyr + Flumioxazina	0,500	106+50	Sem aplicação	0	0
Piraxosulfona + Flumioxazina	0,250	75+50	Sem aplicação	0	0
Sem aplicação	0,000	0,0	Glifosato 540	1	540
Diclosulan	0,035	29,4	Glifosato 540	1	540
		210+42			
Sulfentrazone e Diurom	1,200	0	Glifosato 540	1	540
S-metalaclor	1,500	1440,0	Glifosato 540	1	540
Imazethapyr + Flumioxazina	0,500	106+50	Glifosato 540	1	540
Piraxosulfona + Flumioxazina	0,250	75+50	Glifosato 540	1	540
Sem aplicação	0,000	0,0	Glifosato 540	2	1080
Diclosulan	0,035	29,4	Glifosato 540	2	1080
		210+42			
Sulfentrazone e Diurom	1,200	0	Glifosato 540	2	1080
S-metalaclor	1,500	1440,0	Glifosato 540	2	1080
Imazethapyr + Flumioxazina	0,500	106+50	Glifosato 540	2	1080
Piraxosulfona + Flumioxazina	0,250	75+50	Glifosato 540	2	1080

Fonte: elaborado pelo autor.

Efetuu-se a aplicação dos herbicidas pré-emergentes em condições de solo friável, sem preparo e com a presença de palhada remanescente de milho segunda safra. Utilizou-se pulverizador de pressão constante Herbicat (CO₂), barra de 2,5 m, com 6 pontas de jato leque, modelo XR TeeJet 110.015 VP, espaçados a 50 cm, pressão de 2,2 kgf/cm² e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. A pulverização foi realizada em 07/11/2022, com início às 16h30min e término às 17h05min, temperatura de 28°C, umidade relativa do ar 58%, velocidade do vento de 0,1 km h⁻¹, e nebulosidade de 0%.

A semeadura da soja ocorreu após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes (aplique e plante) em sistema de plantio direto, utilizando-se trator e semeadora Semeato SHM 11/13, equipada com 5 linhas. Utilizou-se cultivar Fibra, sementes tratadas com Inside FS (clotianidina), na dose de 0,1 L 100 kg sementes⁻¹, Maestro (fipronil), na dose de 0,2 L 100 kg sementes⁻¹ e Apron (fludioxonil + metalaxil-m), na dose de 0,1 L 100 kg sementes⁻¹. Foram semeadas

em 07/11/2022, no espaçamento de 0,5 m entrelinhas, com 13 sementes por metro, totalizando 260.000 plantas ha⁻¹.

Quanto à adubação de semeadura, foram utilizados 320 kg ha⁻¹ do adubo formulado fosfato monoamônico (MAP), conforme análise de solo (Tabela 3), elaborada de acordo com a metodologia proposta por Embrapa (2017) e recomendação proposta por Pauletti e Motta (2019). A emergência das plântulas ocorreu em 13/11/2022.

Tabela 3 – Valores dos atributos químicos do solo, na camada de 0 a 20 cm, na área experimental

M.O.	pH CaCl ₂	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC _{7,0}	Al	Ca	Mg	K	V%
g dm ⁻³		mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³					% de Saturação			
18,28	5,0	17,02	0,27	6,69	2,3	0,00	4,48	9,26	13,74	0,00	48,7	16,7	1,97	67,39

Fonte: elaborado pelo autor.

Aos 38 dias após emergência, em 15/12/2022, realizou-se e aplicação do herbicida glifosato, nas doses (540 e 1080 e.a. ha⁻¹), sem a utilização de redutores de pH de calda. Foi utilizado pulverizador de pressão constante Herbicat (CO₂), barra de 2,5 m, com 6 pontas de jato leque, modelo XR TeeJet 110.015 VP, espaçados a 50 cm, pressão de 2,2 kgf/cm² e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. A pulverização iniciou-se às 8h e terminou às 08h35min, temperatura de 26°C, umidade relativa do ar 64%, velocidade do vento de 0,1km h⁻¹, nebulosidade de 10% e plantas no estágio fenológico V7 (FEHR e CAVINESS, 1977).

Realizou-se o monitoramento de pragas e doenças durante a condução do experimento e foram utilizados fungicidas, aplicados com auxílio de trator e pulverizador Jacto Condor AM 14, pontas de jato leque, modelo JSF-110.02 Jacto, espaçados a 50 cm e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. A descrição dos produtos utilizados e dose estão descritas na tabela 4.

Tabela 4 - Produtos utilizados para o manejo fitossanitário, doses e estágio da cultura

Ingrediente ativo (i.a.)	Produto comercial (p.c.)	Dose (L ou kg p.c. ha ⁻¹)	Estádio da cultura
Difenoconazole	Volna	0,3	V5
Impirfluxam + Tebuconazole	Excalia Max	0,5	R1
Impirfluxam + Tebuconazole	Excalia Max	0,5	R3
Difenoconazole	Volna	03	R5

Fonte: elaborado pelo autor.

Aos 44 dias após a aplicação dos pré-emergentes fator A (DAA), foram realizadas avaliações de contagem visual de plântulas, considerando-se o número de plantas emergidas em 1 m², separando-se as diferentes espécies de plantas daninhas. A porcentagem de eficiência para cada alvo avaliado foi calculada por meio das médias, pela fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925). Nas avaliações de incidência e controle, foram consideradas plantas de *Ipomoea spp.*, *Amaranthus hybridus* e *Zea mays*, em razão da frequente ocorrência destas espécies na área em que foi instalado o experimento. Sete dias após a aplicação de glifosato, fator B (DAB), foram realizadas avaliações visuais de eficácia de controle de plantas daninhas, por meio de comparações com a testemunha (sem aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência), utilizando-se escala de 0 a 100% (na qual 0% significa ausência de sintomas; 100% morte total das plantas; e as variações entre os extremos equivalem à intensidade do efeito do glifosato sobre cada alvo avaliado de forma visual) e adotando-se os conceitos propostos pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - SBPCPD (1995), conforme evidenciado na tabela 5.

Tabela 5 - Descrição dos conceitos aplicados às avaliações de controle

% controle	Conceitos	Descrição
90 – 100	(A)	Controle excelente ou total da espécie em estudo.
80 – 89	(B)	Controle bom, aceitável para a infestação da área.
70 – 79	(C)	Controle moderado, insuficiente para a infestação da área.
50 – 69	(D)	Controle deficiente ou inexpressivo.
0 – 49	(E)	Ausência de controle.

Fonte: SBPCPD (1995)

Para a análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, segundo delineamento fatorial 6 x 3, com quatro repetições, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância (PIMENTEL-GOMES, 2022). O programa utilizado foi SAS® *OnDemand for Academics* (SAS, 2012).

Resultados e Discussão

Em se tratando do resultado da estatística F da análise de variância para a incidência de plantas daninhas, houve diferença significativa ao nível de 1% para todos os alvos avaliados (Tabela 6).

Considerando que, no momento da avaliação ainda não havia sido

realizada pulverização de glifosato, não ocorrendo, portanto, efeito da molécula sobre os alvos avaliados, discutiu-se o efeito isolado do fator pré-emergente sobre a incidência de plantas. O resultado do teste de separação de médias dos diferentes produtos avaliados encontra-se na tabela 6.

Tabela 6 – Incidência de plantas/m² de *Amaranthus hybridus*, *Ipomoea spp.*, e *Zea mays* em soja avaliada aos 44 dias após a aplicação de pré-emergentes. Dourados – MS, 2023

Pré-emergentes	----- Plantas avaliadas -----					
	<i>A. hybridus</i>		<i>Ipomoea spp.</i>		<i>Zea mays</i>	
SEM	6,6	A	4,4	A	7,7	A
Sulfentrazone + Diuron	0,1	B	0,2	B	4,5	AB
Diclosulam	0,0	B	0,1	B	0,0	C
S-metolaclo-ro	0,0	B	0,5	B	6,0	A
Piroxasulfona + Flumioxazina	0,0	B	0,1	B	5,7	A
Imazetapir + Flumioxazina	0,0	B	0,1	B	2,0	BC
	Probabilidade dos valores de F					
Pré-emergente	<0,001		<0,001		<0,001	

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Considerando *A. hybridus*, com exceção de sulfentrazone + diuron, não houve incidência de plantas dessa espécie para os demais herbicidas pré-emergentes utilizados, no entanto todos os ingredientes ativos obtiveram resultados satisfatórios e apresentaram diferença significativa com relação ao tratamento controle.

As médias de incidência de *Ipomoea spp.* foram inferiores na presença dos herbicidas pré-emergentes, diferindo da testemunha. A utilização de diclosulam, piroxasulfona + flumioxazina e imazetapir + flumioxazina acarretou em menores médias de incidência da planta daninha, contudo não diferiram dos demais pré-emergentes utilizados (Tabela 6).

O controle das plantas de *Zea mays* não foi eficiente por consequência da aplicação em pré-emergência dos ingredientes ativos S-metolaclo-ro e piroxasulfona + flumioxazina, conforme a tabela 6. A utilização de diclosulam e imazetapir + flumioxazina apresentou melhor performance, com menores médias de incidência da invasora em relação aos demais ingredientes ativos e da testemunha (Tabela 6), concordando com Coradin *et al.* (2019), ao observarem que a aplicação de diclosulam isolado e a mistura comercial de imazetapir + flumioxazina promoveram redução de crescimento e massa seca da parte aérea

e controle superior do *Zea mays*.

A utilização dos herbicidas s-metolaclo e a mistura de piroxasulfona + flumioxazina resultaram em maiores médias de incidência de *Z. mays* e não diferiram da testemunha. O fato pode ser justificado pela seletividade das moléculas à espécie em questão, considerando-se que há recomendações dos ingredientes ativos para pulverização em pré-emergência da cultura, em lavouras comerciais de milho.

A seletividade do herbicida s-metolaclo na dose utilizada nas plantas de milho pode justificar a alta incidência do alvo no tratamento. De acordo com Dayan *et al.* (2018) e Liebl (1995), o herbicida de pré-emergência de plantas daninhas apresenta atividade mais eficiente nas gramíneas, no entanto é seletivo às espécies *Zea mays* e *Saccharum officinarum*, devido à capacidade de essas plantas metabolizar o ingrediente ativo em quantidades suficientes para impedir acúmulos e persistência em níveis fitotóxicos.

De acordo com Mendes e Silva (2022), o herbicida diclosulam tende a ser moderadamente persistente em sistemas de solo e apresenta alto potencial de bioacumulação, ou seja, alta absorção e retenção da molécula do ingrediente ativo, no organismo de determinado ser vivo. Dados de meia vida do herbicida indicam um tempo de 67 dias em áreas cultivadas em sistema de plantio direto, e 87 dias para solos cultivados no sistema convencional, ou seja, trata-se do tempo necessário para que metade da quantidade de ingrediente ativo se desintegre no ambiente (LAVORENTI *et al.*, 2003).

De maneira geral, é possível afirmar que a utilização dos herbicidas pré-emergentes apresentou significativa redução de incidência das espécies de plantas avaliadas. As diferentes moléculas utilizadas possuem efeitos distintos sobre os alvos, considerando sua seletividade em função das espécies, entretanto, entendendo a dinâmica do herbicida pré-emergente, sua absorção pode ser dificultada quando a radícula emitida pelo embrião não está em contato direto com o solo, a fim de que a molécula do princípio ativo disponível na solução seja absorvida com maior facilidade (MENDES e SILVA, 2022).

O controle representa outra forma de avaliar a eficiência das moléculas de herbicida estudadas, o qual corresponde ao efeito de morte ou dano severo à comunidade infestante, considerando-se a emergência de plantas daninhas avaliadas. Foi realizado o cálculo de abott (ABBOTT, 1925) para obter os dados

de controle e eficácia de cada fator e os valores de F, como apresentado na tabela 7.

Tabela 7 – Porcentagem de controle de *Ipomea spp*, *Amaranthus hybridus* e *Zea mays* em soja avaliada aos 44 dias após a aplicação de pré-emergentes. Dourados – MS, 2023

Pré-emergentes	----- Plantas avaliadas -----					
	<i>A. hybridus</i>		<i>Ipomea spp.</i>		<i>Zea mays</i>	
SEM	13,7	B	38,3	B	40,0	C
Sulfentrazone + Diuron	97,9	A	95,8	A	64,5	BC
Diclosulam	100	A	96,6	A	100	A
S-metolacloro	100	A	89,1	A	53,4	C
Piroxasulfona + Flumioxazina	100	A	96,6	A	54,8	C
Imazetapir + Flumioxazina	100	A	97,5	A	84,9	AB
	Probabilidade dos valores de F					
Pré-emergente	<0,001		<0,001		<0,001	

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com os resultados da análise de variância, observa-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade entre os herbicidas pré-emergentes, no controle de todos os alvos avaliados.

Com relação às médias de controle de plantas invasoras com herbicidas pré-emergentes, todos os tratamentos diferiram da testemunha para as espécies *A. hybridus* e *Ipomoea spp* (Tabela 7).

Os herbicidas aplicados em pré-emergência apresentaram elevada eficiência de controle, evidenciando a alta toxidez dos herbicidas pré-emergentes utilizados para plantas dessas espécies (Tabela 7).

Borges *et al.* (2023) observaram controle acima de 92% em plantas de *Ipomoea grandifolia*, com a utilização de imazetapir + flumioxazina e diclosulam na pulverização em pré-emergência.

A utilização de diclosulam apresentou maior média de porcentagem de controle de *Zea mays*, não diferindo do tratamento com a pulverização de imazetapir + flumioxazina no controle em pré-emergência dessa espécie, com a eficiência variando de 85 – 100% (Tabela 7).

Notaram-se maiores médias de controle, quando se realizou o manejo com herbicidas inibidores da ALS como diclosulam e imazetapir, pertencentes aos grupos químicos pirimidina sulfonanilidas e imidazolinona, respectivamente, os quais atuam, inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), a qual é essencial para a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (MENDES e SILVA,

2022).

De acordo com Vargas *et al.* (2016), em razão da alta especificidade de ação e considerando que a enzima ALS é reconhecida como passível de mutações frequentes, a evolução de resistência a esse mecanismo tem-se mostrado rápida.

A utilização de sulfentrazone + diuron acarretou em controle parcial de plantas de *Z. mays*, com média de 65%, não diferindo da testemunha e do herbicida imazetapir + flumioxazina, que, por sua vez, obteve resultado satisfatório com média de 85% de eficiência de controle.

Constatou-se também que, para as plantas de milho, os ingredientes ativos s-metolaclo e piroxasulfona + flumioxazina não diferiram da testemunha e apresentaram os menores valores nas médias dessa variável (Tabela 7). Isso pode ser justificado pela seletividade do herbicida ao alvo avaliado. Marcussi (2020) constatou que a aplicação das moléculas piroxasulfona + flumioxazina não causa danos ou efeitos negativos à cultura do milho, demonstrando alta seletividade das moléculas para essa espécie.

De acordo com Liebl (1995), Fuerst (1987) e Dayan *et al.* (2018), a atividade de s-metolaclo nas gramíneas é geralmente mais eficiente, no entanto plantas tolerantes, incluindo milho e soja, são capazes de metabolizar as cloroacetamidas em quantidades suficientes para impedir acúmulos e persistência em níveis fitotóxicos, ao passo que plantas susceptíveis translocam esse herbicida para o ponto de crescimento, após a absorção pela raiz.

O resultado da estatística F e do teste de médias para os dados de controle das plantas daninhas com a pulverização de glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ como complementação do manejo de plantas daninhas em pós-emergência se encontram na tabela 8.

Tabela 8 – Porcentagem de controle de *Ipomoea spp.* e *Amaranthus hybridus* aos 7 dias após a aplicação de pós-emergente em soja avaliada com aplicação de pré-emergentes e com pulverização de glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ em pós-emergência. Dourados – MS, 2023

Pré-emergentes	Pós-emergentes	Plantas avaliadas	
		<i>Ipomoea spp.</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>
SEM	1	11,2 A	46,2 A
Sulfentrazone + Diuron	1	0,0 B	10,0 B
Diclosulam	1	0,0 B	0,0 C
S-metolacoloro	1	0,0 B	0,0 C
Piroxasulfona + Flumioxazina	1	0,0 B	0,0 C
Imazetapir + Flumioxazina	1	0,0 B	0,0 C
Pré-emergente		<0,001	<0,001

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Para plantas de *Z. mays*, não foi considerado o controle em pós-emergência com o glifosato, devido ao mecanismo de tolerância das plantas desta espécie ao herbicida, que, por sua vez, seria uma alternativa eficaz para o controle em lavouras de soja tolerante ao glifosato (soja RR). Porém, com o advento do milho também tolerante a glifosato, essa alternativa foi inviabilizada, o que exige a aplicação de herbicidas de outros mecanismos de ação, com destaque para os gramínicos (MARCA *et al.*, 2015).

Quanto aos tratamentos em que as plantas daninhas presentes na área após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes não receberam pulverização de glifosato em pós-emergência, a porcentagem de controle para todas as espécies avaliadas foi igual a zero, uma vez que não houve algum efeito de fitotoxicidade do herbicida, diferindo da testemunha, sem a utilização de pré-emergente.

De acordo com os dados da tabela 8, observa-se que não houve efeito de glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ em pós-emergência para plantas de *Ipomoea spp.*, isso justifica-se pela eficiência de controle dos herbicidas pré-emergentes em plantas desta espécie, evidenciando-se a importância da ferramenta para o manejo de resistência, considerando a tolerância da planta daninha ao herbicida glifosato.

A pulverização de somente glifosato 540 g i.a. ha⁻¹ em pós-emergência, sem efeito de qualquer herbicida pré-emergente, apresentou média de controle de apenas 11% para plantas de *Ipomoea spp.* e obteve conceito “E”, de acordo com a Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBCPD (1995)

(Tabela 4).

Souza; Martins e Pereira (2013) e Agostineto *et al.* (2016) também constataram controle ineficiente do herbicida glifosato em doses de até 1920 g e.a. ha⁻¹, em plantas da espécie ora em questão.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2015), a tolerância da *Ipomoea lacunosa* L. ao glifosato ocorre principalmente pela translocação diferencial, na qual a quantidade de glifosato que chega ao local de ação não é suficiente para o controle.

Quanto às médias de controle de plantas de *Amaranthus hybridus*, resultados semelhantes aos de *Ipomoea spp.* foram obtidos, considerando que a maioria dos herbicidas pré-emergentes foram altamente eficientes no controle da espécie. Nota-se que o controle de *Amaranthus hybridus* somente com glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ em pós-emergência, ainda que numericamente melhor comparado à espécie *Ipomoea spp.*, foi insatisfatório, apresentando diferença significativa dos demais tratamentos, conforme tabela 8.

Com relação às médias de controle em pós-emergência na tabela 9, observa-se que o uso dos herbicidas pré-emergentes sulfentrazone + diuron, diclosulam e piroxasulfona + flumioxazina foi suficiente no controle de plantas de *Ipomoea spp.*, não havendo, portanto, efeito do herbicida pós-emergente e diferindo da testemunha e dos demais tratamentos. Nota-se ainda que a aplicação dos herbicidas pré-emergentes s-metolaclo e imazetapir + flumioxazina não atingiu 100% de eficiência de controle das plantas desta espécie, e que o uso do herbicida glifosato 1080 g e.a. ha⁻¹ em pós-emergência não proporcionou controle satisfatório, não diferindo da testemunha.

Tabela 9 – Porcentagem de controle aos 7 DAB de *Ipomoea spp.* e *Amaranthus hybridus* em soja avaliada com aplicação de pré-emergentes e com pulverização de glifosato 1080 g e.a. ha⁻¹ em pós-emergência. Dourados – MS, 2023

Pré-emergentes	Pós-emergentes	Plantas avaliadas	
		<i>Ipomoea spp.</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>
SEM	2	6,2 A	53,7 A
Sulfentrazone + Diuron	2	0,0 B	0,0 B
Diclosulam	2	0,0 B	0,0 B
S-metolaclo-ro	2	5,0 A	0,0 B
Piroxasulfona + Flumioxazina	2	0,0 B	0,0 B
Imazetapir + Flumioxazina	2	5,0 A	0,0 B
Pré-emergente		Probabilidade dos valores de F <0,001	

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às médias de *A. hybridus*, não houve efeito da aplicação de glifosato 1080 g e.a. ha⁻¹, em virtude do fato de que os herbicidas pré-emergentes utilizados apresentaram eficiente controle para plantas desta espécie (Tabela 7). Segundo Mendes e Silva (2022), o glifosato está entre os produtos que, em doses muito elevadas, podem apresentar efeito de contato; nesse caso, a ação do produto pode ser mais rápida, mas com efeito final menor, uma vez que a morte rápida do tecido condutor limita a chegada da dose letal do herbicida a algumas estruturas reprodutivas da planta.

Conclusão

Entre os herbicidas pré-emergentes avaliados, as moléculas diclosulam e imazetapir + flumioxazina são as mais eficientes no controle das espécies de plantas infestantes.

A utilização do herbicida glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ ou 1080 g e.a. ha⁻¹ em pós-emergência é dispensada para o manejo de *Ipomoea ssp.* e *A. hibrydus*, visto que o controle dos herbicidas pré-emergentes foi satisfatório.

Em caso de ocorrência de *Ipomoea ssp.* após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes, a aplicação de glifosato em pós-emergência não promove o controle, devido à tolerância e à supressão da cultura da soja.

O uso de herbicidas pré-emergentes pode dispensar a utilização de herbicidas em pós-emergência.

Os herbicidas pré-emergentes diclosulam e imazetapir + flumioxazina são os mais eficientes no controle de *Zea mays*.

Referências Bibliográficas

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**. v.18, p.265-267, 1925.

AGOSTINETO, M. C.; CARVALHO, L. B. de; ANSOLIN, H. H.; ANDRADE, T. C. G. R. de; SCHMIT, R. Sinergismo de misturas de glyphosate e herbicidas inibidores da PROTOX no controle de corda-de-viola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 1, p. 8–15, 2016.

BORGES, J. D.; BARROSO, A. L. de L.; VENTURA, M. V. A. Performance dos herbicidas em pré-emergência da soja visando ao controle do espectro de plantas daninhas. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 12, 2023, 15p.

BUERGE, I. J *et al.* Degradation and sorption of the herbicides 2,4-D and quizalofop-P-ethyl and their metabolites in soils from railway tracks. **Environmental Sciences Europe**, v.32, 2020. 150p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2023/24**. Brasília: CONAB, v. 11, n. 5. 123p, 2024.

CORADIN, J.; BRAZ, G. B. P.; MACHADO, F. G.; SILVA, A. G. da.; SOUSA, J. V. A. de. HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA PARA O CONTROLE DE MILHO VOLUNTÁRIO E CAPIM-AMARGOSO. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, 2019.

DAYAN, F. E.; BARKER, A.; BOUGH, R.; ORTIZ, M.; TAKANO, H. K.; DUKE, S. O. Bioactivity of Herbicides – Herbicide Mechanisms of Action and Resistance. In: MOO-YOUNG, M. **Comprehensive Biotechnology**. 3. ed. Pergamon: Elsevier, 2018. p. 23-35.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2017. 574p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

FUERST, E.P. Understanding the mode of action of the chloroacetamide and thiocarbamate herbicides. **Weed Technology**. Champaign, v. 1, n.4, 1987. p. 270-277.

HEAP, I. A. Global perspective of herbicide-resistant weeds. **Pest Management Science**, v. 70, p. 1306 – 1315, 2014.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, 1970, v. 24, n. 4, p. 480 – 421.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2019: Biotech Crops Drive Socio-Economic Development and Sustainable Environment in the New Frontier**. ISAAA: Ithaca, NY. n. 55, 2019, 13p.

Köppen, W. 1936. **Das geographische System der Klimate**. Gebr, Borntraeger, p. 1-44.

LAVORENTI, A.; ROCHA, A. A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L.; PINTO, O. B. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, 2003, p. 183-190.

LIEBL, R. Cell growth inhibitors (cloroacetamides, cabomothioates, napropamide, bensulide), In: Liebl, R. **Herbicide action**. West Lafayette: Purdue

University, 1995. v.1, p. 200-224.

MARCA, V.; PROCÓPIO, S. de O.; SILVA, A.G. da; VOLF, M. Chemical control of glyphosate-resistant volunteer maize. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, p.103-110, 2015.

MARCUSSI, S. A. **Seletividade e eficiência de pyroxasulfone e flumioxazina, em mistura e isolados, na cultura do milho e efeito carryover na cultura do feijão**. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A. da. **Plantas daninhas: herbicidas**. 1. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, v. 2, 2022. 200p.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba, PR: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. 289 p.

PETERSON, M. A. *et al.* The challenge of herbicide resistance around the world: A current summary. **Pest Management Science**, v. 74, p. 2246-2259, 2018.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, v. 15, 2022, 451p.

RIBEIRO, D. N.; NANDULA, V. K.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O.; REDDY, K. N.; SHAW, D. R. Possible glyphosate tolerance mechanism in pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa* L.). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 6, p. 1689-1697, 2015.

SAS INSTITUTE, INC. **SAS OnDemand for Academics**. 2012. Disponível em: http://www.sas.com/govedu/edu/programs/od_academics.html. Acesso em: 12 dez. 2023.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e

importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e uso da soja**. Londrina, PR: Mecenas, 2009. p. 1-5.

SILVA, A. A. da.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F.; Colaboradores: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; VARGAS, L. **Controle de plantas daninhas**. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. 260 p.

SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. **Soja: do plantio à colheita**. 2. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022. 304 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D.; PEREIRA, M. R. R. Efeito da chuva na eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre corda-de-violão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 175-184, 2013.

VARGAS, L.; ADEGAS, F.; GAZZIERO, D.; KARAM, D.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, W. T. da. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: Histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHEDE, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. **A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem**. Londrina, PR: Midiograf II, 2016. Cap. 20, p. 219-239.

7. Artigo II

SELETIVIDADE DE PRÉ-EMERGENTES NA CULTURA DA SOJA ASSOCIADOS AO GLIFOSATO PÓS-EMERGENTE

Jean Carlo Tadashi Tamanaha Watanabe

Resumo

A produção de soja ocupa relevante importância na economia do Brasil. Por ser explorada em praticamente todo território brasileiro, muitos são os fatores relacionados ao manejo que interferem na produtividade. Considerando-se que a matocompetição é um dos fatores que mais afeta o rendimento das lavouras de soja e que o controle químico é o método mais utilizado para combater as plantas daninhas que competem com a cultura, a seletividade dos herbicidas, pré ou pós-emergentes, é fator determinante na tomada de decisão, uma vez que a molécula do herbicida pode ser totalmente seletiva para a cultura ou causar alterações fisiológicas que podem acarretar em perdas significativas. O objetivo do estudo foi avaliar a seletividade de herbicidas pré-emergentes isolados e associados a duas doses de glifosato em pós-emergência na cultura da soja. O delineamento experimental foi um fatorial 6 x 3, distribuídos em blocos casualizados completos, com quatro repetições. Avaliou-se o fator A com a utilização de pré-emergentes: 1 - testemunha sem aplicação; 2 - diclosulam; 3 - sulfentrazone + diuron; 4 - s-metolacoloro; 5 - imazetapir + flumioxazina; 6 - piroxasulfona + flumioxazina. O fator B foi avaliado com a utilização de glifosato em pós-emergência: 1 - testemunha sem aplicação; 2 - glifosato 540 g e.a. ha⁻¹ e 3 - glifosato 1080 g e.a. ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A molécula de diclosulam foi a menos seletiva para a cultura da soja, gerando fitotoxidez, redução de porte e massa seca da parte aérea (MSPA). A interação do s-metolacoloro em pré-emergência e a aplicação de glifosato reduziu a MSPA. Sulfentrazone + diuron e imazetapir + flumioxazina foram os mais seletivos, com maiores incrementos em produtividade.

Palavras-chave: *Glycine max*, Resistência, Herbicidas, Fitointoxicação

PRE-EMERGENT SELECTION IN SOYBEAN CROPPING ASSOCIATED WITH POST-EMERGENT GLYPHOSATE

Abstract

The production of soybean occupies relevant importance in Brazil's economy. Because it is exploited in practically the entire Brazilian territory, there are many factors related to the management that affect productivity. Considering that the weed competition is one of the factors that most affects the performance of the soybean crop, the chemical control is the most used method to combat weeds that compete with the crop, the selectivity of the herbicides, pre or post-emergent, is a determining factor in the decision-making, since the herbicide molecule can be completely selective for the crop or cause physiological changes that can lead to significant losses. The goal of the study was to evaluate the pre-emergent herbicides selectiveness isolated and associated with two doses of glyphosate in post-emergence in soybean crops. The experimental design was a 6x3 factorial distributed in complete randomized blocks, with four repetitions. Factor A was evaluated using pre-emergent: 1 – control without application; 2 – diclosulan; 3 – sulfentrazone + diuron; 4 – s-metalachlor; 5 – imazethapyr + flumioxazin; 6 – pyroxasulfone + flumioxazin. Factor B was evaluated with the use of glyphosate in post-emergence: 1 – control without application; 2 – glyphosate 540 g i.a. ha⁻¹ and 3 – glyphosate 1080 g i.a. ha⁻¹. The data were subjected to analysis of variance using the F test and the averages were compared using the Tukey test at 5% significance. The diclosulan molecule was the least selective for the soybean culture, creating phytotoxicity, reduction in the size and in the dry mass of the aerial part (DMAP). The interaction of s-metalochlor in pre-emergence and the application of glyphosate reduced DMAP. Sulfentrazone + diuron and imazethapyr + flumioxazine were the most selective with greater increases in productivity.

Keywords: *Glycine max*, Resistance, Herbicides, Phytointoxication.

Introdução

A soja cultivada (*Glycine max* [L.] Merrill), pertencente à família Fabaceae é originária da China, na região conhecida como Manchúria (HYMOWITZ, 1970). Apesar de não ser conhecida mundialmente como alimento básico, a oleaginosa é uma das culturas mais importantes do mundo, principalmente como fonte de proteínas e óleo vegetal (SILVA *et al.*, 2022).

O principal método de controle das plantas daninhas ocorre por meio do uso de herbicidas que afetam o seu desenvolvimento, levando-as à morte. No entanto, quando elas se encontram em meio a uma cultura de interesse econômico, o controle deve ser feito de forma seletiva.

Isso também é possível com o emprego de variedades geneticamente modificadas, tolerantes a determinados herbicidas e pelo uso de moléculas que, por suas próprias características, são seletivas à cultura, permitindo, dessa forma, a aplicação do ingrediente ativo, afetando apenas as espécies infestantes (SILVA *et al.*, 2022).

Alguns herbicidas, denominados pré-emergentes, possuem efeito residual prolongado no solo, são aplicados antes ou imediatamente após a semeadura da cultura e têm como objetivo principal garantir o controle inicial das plantas daninhas na implantação da lavoura. Como exemplos, têm-se flumioxazin, imazaquin, chlorimuron-ethyl, imazetapyr, metribuzin, sulfentrazone, diclosulam etc. (MENDES e SILVA, 2022).

A seletividade, segundo Velini *et al.* (1992), consiste na capacidade de um determinado herbicida eliminar plantas daninhas que se encontram em uma cultura, sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto final obtido. Não deve ser determinada apenas pela verificação ou não de sintomas de fitotoxicidade, pois já são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas, sem produzir efeitos visualmente detectáveis. Entretanto, há também herbicidas que provocam injúrias bastante acentuadas, mas que permitem às mesmas manifestar plenamente seus potenciais produtivos.

Embora as plantas de soja com a tecnologia RR® apresentem a enzima (5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase - EPSPs) que confere à cultura resistência ao herbicida, este pode causar estresse e/ou efeito fitotóxico, dependendo do estágio fenológico da cultura no momento da aplicação e da

utilização de doses acima da recomendação de bula. Esses efeitos podem ser prejudiciais ao desenvolvimento da cultura, afetando a nodulação, a eficiência no uso da água, a fotossíntese e a absorção de nutrientes (ZOBIOLE *et al.*, 2010; ZUFFO *et al.*, 2014; PETTER *et al.*, 2016).

De acordo com Mendes e Silva (2022), a seletividade é sempre relativa, pois depende do estágio de desenvolvimento das plantas, das condições climáticas, do tipo de solo, da dose aplicada, entre outros. Na soja, por exemplo, o metribuzin é seletivo apenas quando aplicado em pré-emergência e, mesmo assim, a dose tolerada depende das condições edafoclimáticas. Segundo Roman *et al.* (2000), o sulfentrazone, quando aplicado em solo com baixos teores de matéria orgânica e argila, pode causar danos significativos à cultura da soja.

Em contrapartida, mesmo que haja efeitos negativos de fitotoxicidade de alguns herbicidas em plantas de interesse comercial, a utilização dessa ferramenta ainda é fundamental no manejo de plantas daninhas, tendo em vista que as perdas, por causa da matocompetição, podem ser superiores a 80% ou, até mesmo, em casos extremos, inviabilizar a colheita.

Além de prejudicar a produção, a planta daninha pode causar vários problemas: reduz a qualidade dos grãos, causa a maturação desuniforme, dificulta a operação da colheita, serve de hospedeiro para pragas e doenças e diminui o valor comercial da terra.

As plantas daninhas também podem liberar aleloquímicos que inibem a germinação de sementes e/ou o desenvolvimento de culturas e outras espécies, inclusive, de outras plantas daninhas (SILVA *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2022).

O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a seletividade de herbicidas pré-emergentes e associados a doses de glifosato em pós-emergência na cultura da soja, visando ao manejo de plantas daninhas, assim como seus efeitos nas plantas e na produtividade da soja.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro Agronômico de Pesquisa e Tecnologia - FERST, localizada na rodovia BR 163, km 26, estrada Linha do Barreirinho, no município de Dourados-MS, tendo como coordenadas 22°16'47.17" Latitude Sul e 54°39'0.15" Longitude Oeste, altitude

de 412 m, no ano agrícola 2022/2023, em solo categorizado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2018). De acordo com a classificação climática proposta por Köppen (1936), a região de Dourados é classificada como do tipo Cfa, Cwa e Aw.

As condições meteorológicas durante a condução do experimento encontram-se representadas na figura 3.

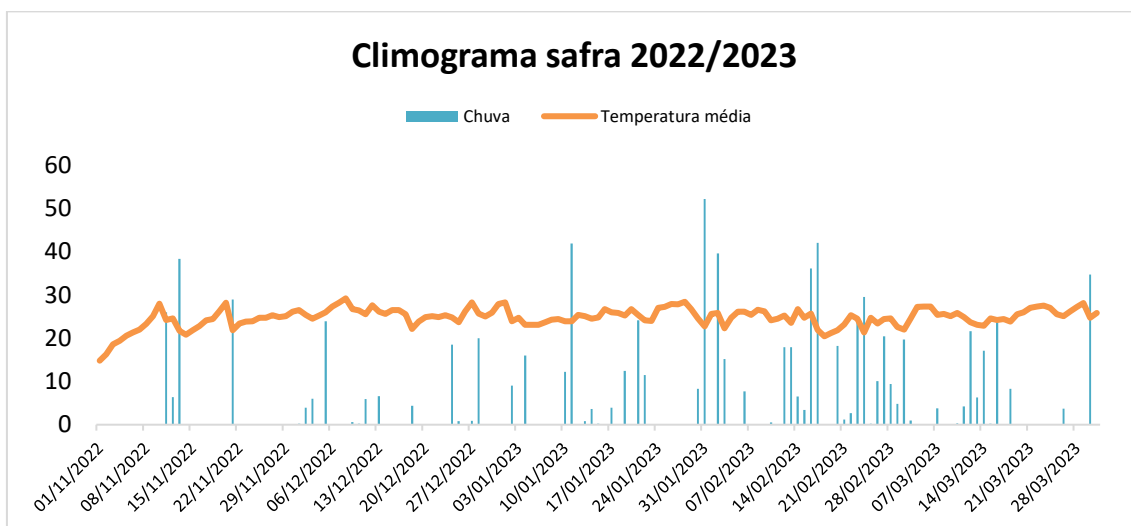


Figura 3 – Dados climáticos durante o ciclo da cultura da soja e condução do experimento.

Fonte: elaborado pelo autor.

O delineamento experimental ocorreu em blocos ao acaso, distribuído em esquema fatorial 6 x 3, com 18 tratamentos, quatro repetições, totalizando 72 parcelas, sendo cada uma delas com 5 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas a 0,5 m entrelinhas, totalizando parcelas de 12,5 m² (2,5 m x 5 m), perfazendo área total do experimento de 900 m².

Os tratamentos foram constituídos pelo uso de herbicidas aplicados em pré-emergência isolados ou complementados, com pulverização do herbicida glifosato em pós-emergência em duas doses. O fator A com 6 níveis, sendo 5 herbicidas pré-emergentes e tratamento controle; e o fator B, com e sem pulverização em pós-emergência de glifosato em 2 doses, como descrito na tabela 10.

Tabela 10 - Tratamentos realizados no experimento, produtos e respectivas doses

----- Pré-emergentes -----			----- Pós-emergente -----		
Ingrediente ativo	L ou kg ha ⁻¹	g i.a ha ⁻¹	Ingrediente ativo	L ou kg ha ⁻¹	g e.a ha ⁻¹
Sem aplicação	0,000	0,0	Sem aplicação	0	0
Diclosulan	0,035	29,4	Sem aplicação	0	0
		210+42			
Sulfentrazone e Diurom	1,200	0	Sem aplicação	0	0
S-metalaclor	1,500	1440	Sem aplicação	0	0
Imazethapyr + Flumioxazina	0,500	106+50	Sem aplicação	0	0
Piraxosulfona + Flumioxazina	0,250	75+50	Sem aplicação	0	0
Sem aplicação	0,000	0,0	Glifosato 540	1	540
Diclosulan	0,035	29,4	Glifosato 540	1	540
		210+42			
Sulfentrazone e Diurom	1,200	0	Glifosato 540	1	540
S-metalaclor	1,500	1440,0	Glifosato 540	1	540
Imazethapyr + Flumioxazina	0,500	106+50	Glifosato 540	1	540
Piraxosulfona + Flumioxazina	0,250	75+50	Glifosato 540	1	540
Sem aplicação	0,000	0,0	Glifosato 540	2	1080
Diclosulan	0,035	29,4	Glifosato 540	2	1080
		210+42			
Sulfentrazone e Diurom	1,200	0	Glifosato 540	2	1080
S-metalaclor	1,500	1440,0	Glifosato 540	2	1080
Imazethapyr + Flumioxazina	0,500	106+50	Glifosato 540	2	1080
Piraxosulfona + Flumioxazina	0,250	75+50	Glifosato 540	2	1080

Fonte: elaborado pelo autor.

Efetou-se a aplicação dos herbicidas pré-emergentes em condições de solo friável, sem preparo e com a presença de palhada remanescente de milho segunda safra. Utilizou-se pulverizador de pressão constante Herbicat (CO₂), barra de 2,5 m, com 6 pontas de jato leque, modelo XR TeeJet 110.015 VP, espaçados a 50 cm, pressão de 2,2 kgf/cm² e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. A pulverização foi realizada em 07/11/2022, com início às 16h30min e término às 17h05min, temperatura de 28°C, umidade relativa do ar de 58%, velocidade do vento de 0,1 km h⁻¹, e nebulosidade de 0%.

A semeadura da soja ocorreu após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes (aplique e plante), em sistema de plantio direto, utilizando-se trator e semeadora Semeato SHM 11/13, equipada com 5 linhas. Utilizou-se cultivar Fibra, sementes tratadas com Inside FS (clotianidina), na dose de 0,1 L 100 kg sementes⁻¹, Maestro (fipronil) na dose de 0,2 L 100 kg sementes⁻¹ e Apron (fludioxonil + metalaxil-m) na dose de 0,1 L 100 kg sementes⁻¹. Foram semeadas

em 07/11/2022, no espaçamento de 0,5 m entrelinhas, com 13 sementes por metro, totalizando-se 260.000 plantas ha⁻¹.

Na adubação de semeadura, foram utilizados 320 kg ha⁻¹ do adubo formulado fosfato monoamônico (MAP), conforme análise de solo (Tabela 11), elaborada de acordo com a metodologia proposta por Embrapa (2017) e recomendação proposta por Pauletti e Motta (2019). A emergência das plântulas ocorreu em 13/11/2022.

Tabela 11 – Valores dos atributos químicos do solo, na camada de 0 a 20 cm, na área experimental

M.O.	pH CaCl ₂	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC _{7,0}	Al	Ca	Mg	K	V%
g dm ⁻³		mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				% de Saturação				
18,28	5,0	17,02	0,27	6,69	2,3	0,00	4,48	9,26	13,74	0,00	48,7	16,7	1,97	67,39

Fonte: elaborado pelo autor.

Aos 38 dias após emergência, em 15/12/2022, realizou-se e aplicação do herbicida glifosato, nas doses (540 e 1080 e.a. ha⁻¹). Foi utilizado pulverizador de pressão constante Herbicat (CO₂), barra de 2,5 m, com 6 pontas de jato leque, modelo XR TeeJet 110.015 VP, espaçados a 50 cm, pressão de 2,2 kgf/cm² e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. A pulverização iniciou-se às 8h e terminou às 8h35min, com temperatura de 26°C, umidade relativa do ar 64%, velocidade do vento de 0,1km h⁻¹, nebulosidade de 10% e plantas no estágio fenológico V7 (FEHR e CAVINESS, 1977).

Realizou-se o monitoramento de pragas e doenças durante a condução do experimento e foram utilizados fungicidas, aplicados com auxílio de trator e pulverizador Jacto Condor AM 14, pontas de jato leque, modelo JSF-110.02 Jacto, espaçados a 50 cm e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. A descrição dos produtos utilizados e dose estão registradas na tabela 12.

Tabela 12 - Produtos utilizados para o manejo fitossanitário, doses e estágio da cultura

Ingrediente ativo (i.a.)	Produto comercial (p.c.)	Dose (L ou kg p.c. ha ⁻¹)	Estádio da cultura
Difenoconazole	Volna	0,3	V5
Impirfluxam + Tebuconazole	Excalia Max	0,5	R1
Impirfluxam + Tebuconazole	Excalia Max	0,5	R3
Difenoconazole	Volna	03	R5

Fonte: elaborado pelo autor.

Na sequência, seguem apontamentos referentes os parâmetros avaliados, aos sete dias após a aplicação do glifosato (DAB), no dia 28/12/2022.

Altura de plantas: em cinco plantas, nas três linhas centrais de cada parcela, mensurou-se, com o auxílio de régua, a distância entre a superfície do solo e o último nó da haste principal. Massa seca da parte aérea: realizou-se a coleta da parte aérea em cinco plantas, nas três linhas centrais de cada parcela, efetuando o corte do caule rente à superfície do solo. O material foi conduzido à estufa de secagem com circulação e renovação de ar e mantido até apresentar massa constante para a determinação da massa seca com auxílio de balança semi-analítica. Fitotoxicidade: avaliou-se visualmente a toxicidade (% danos) dos tratamentos à cultura da soja, por meio da comparação com a testemunha, atribuindo-se notas da escala de EWRC (Tabela 4). Produtividade: realizou-se a colheita manual de 5 m²/parcela, no dia 24/03/2023, para estimar a produtividade em kg ha⁻¹, a partir da trilhagem dos grãos, corrigindo a umidade das amostras a 13%, aplicando-se a fórmula (WEBER, 1995):

$$Pf = Pi * \frac{100 - Ui}{100 - Uf}$$

Sendo:

Pf - peso final da amostra (com teor de umidade corrigido);

Pi - peso inicial;

Ui - umidade inicial;

Uf - umidade final.

A umidade foi verificada por meio de medidor de grãos portátil Gehaka G610i, corrigindo o teor de água a 13% (WEBER, 1995).

Para a análise estatística, os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% e 10% de significância (PIMENTEL-GOMES, 2022). O programa utilizado foi SAS® *On Demand for Academics* (SAS, 2012).

Tabela 13 - Índice de avaliação e sua descrição de fitointoxicação

Índice de avaliação	----- Descrição da fitointoxicação -----
1	Sem dano
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento)
4	Forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose
5	Necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos
6	Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrose/deformação
7	Mais de 80% das folhas destruídas
8	Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas
9	Morte da planta

Fonte: EWRC (1964).

Resultados e Discussão

Destacando-se os dados das avaliações de seletividade da cultura da soja, quanto ao efeito dos herbicidas avaliados, os resultados de fitotoxicidade e altura de plantas encontram-se na tabela 14.

Quanto aos dados de fitotoxicidade, verificou-se que a utilização da molécula de diclosulam gerou maiores médias de fitotoxicidez, acima de 33%, segundo a escala EWRC (1964), diferindo da testemunha e dos demais tratamentos (Tabela 14).

Tabela 14 - Avaliações da seletividade em soja com aplicação de pré-emergentes. Dourados – MS, 2023

Pré-emergentes	----- <i>Glycine max</i> -----	
	Fitotoxicidade	Alt plantas
Sem	0,0 C	50,5 A
Sulfentrazona + Diuron	6,6 BC	50,2 A
Diclosulam	33,7 A	40,4 B
S-metolacloro	10,4 B	49,2 A
Piroxasulfona + Flumioxazina	9,5 B	49,6 A
Imazetapir + Flumioxazina	2,2 BC	50,5 A
	Probabilidade dos valores de F	
Pré-emergente	<0,001	<0,001

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados mostram ainda que a aplicação de sulfentrazona + diuron e imazetapir + flumioxazina resultou em menores médias de fitotoxicidade, não

diferindo da testemunha, demonstrando, portanto, maior seletividade à cultura da soja para esta variável.

De acordo com a tabela 14, com relação às médias de altura de plantas, somente a utilização do herbicida diclosulam ocasionou redução no desenvolvimento vegetativo e, por consequência, menores valores em altura de plantas (Tabela 14).

A utilização do herbicida diclosulam resultou em maiores níveis de fitotoxicidade, menores médias com relação à estatura das plantas e menores valores quanto à massa seca de parte aérea, diferindo da testemunha e dos demais herbicidas pré-emergentes avaliados na cultura da soja (Tabela 15). Barros *et al.* (2005) e Roman *et al.* (2000) constataram resultados semelhantes, em que diclosulam, na dose equivalente a 35 g ha¹, provocou redução na altura de plantas, em diferentes variedades de soja.

Tabela 15 - Média em gramas da massa seca da parte aérea de 5 plantas de soja com aplicação de pré-emergentes e glifosato em pós-emergência. Dourados – MS, 2023

Pré-emergentes	--- Glifosato (pós-emergente) --					
	SEM	540 e.a.ha ⁻¹		1080 e.a.ha ⁻¹		
Sem	70,23	Aa	81,50	BCa	63,45	Ba
Sulfentrazone + Diuron	81,35	Ab	113,74	Aa	70,58	Bb
Diclosulam	46,91	Ba	44,24	Da	35,17	Ca
S-metolacloro	87,01	Aa	59,40	CDb	63,45	Bb
Piroxasulfona + Flumioxazina	76,00	Ab	87,36	Bb	121,32	Aa
Imazetapir + Flumioxazina	75,00	Aa	92,62a	ABa	79,34	Ba
Probabilidade dos valores de F						
Pré-emergente x glifosato			<0,001			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula, na horizontal, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os efeitos da utilização dos pré-emergentes sobre a variável MSPA sem a aplicação de glifosato em pós-emergência resultou em valores semelhantes, com exceção do uso de diclosulam, que acarretou em menores médias de massa seca da parte aérea das plantas, diferindo da testemunha e dos demais tratamentos (Tabela 15).

De acordo com os dados da tabela 15, os tratamentos em que se utilizou o pré-emergente diclosulam resultaram em reduções nos valores de MSPA na presença ou ausência da aplicação de glifosato, não diferindo da testemunha. A

utilização de glifosato em pós-emergência, em ambas as doses, potencializou os efeitos da molécula s-metolaclo-ro sobre esta variável, havendo redução nas médias com a presença do herbicida pós-emergente, diferindo do tratamento em que se utilizou somente s-metolaclo-ro em pré-emergência. Desta perspectiva, Pitelli, *et al.* (2007) observaram maior fitointoxicação à cultura da soja com a utilização de glifosato + s-metolachlor.

Quanto às médias de MSPA, maiores médias foram obtidas para piroxasulfona + flumioxazina, na medida em que a dose do herbicida glifosato em pós-emergência foi aumentada; tal fato discorda das literaturas e não foram encontrados relatos que corroboram o resultado obtido.

Os dados de produtividade foram submetidos à análise de variância e os resultados demonstram que a diferença foi significativa apenas entre os diferentes herbicidas pré-emergentes utilizados (Tabela 16).

Tabela 16 - Produtividade de soja com aplicação de pré-emergentes. Dourados – MS, 2023

Pré-emergentes	<i>Glycine max</i> Produtividade (kg ha ⁻¹)
Sem	2818 B
Sulfentrazona + Diuron	3188 A
Diclosulam	3010 AB
S-metolaclo-ro	3097 AB
Piroxasulfona + Flumioxazina	3158 AB
Imazetapir + Flumioxazina	3194 A
	Probabilidade dos valores de F <0,001

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Dentre os herbicidas pré-emergentes utilizados, a aplicação de sulfentrazona + diuron e imazetapir + flumioxazina resultou em maior produtividade e diferiram da testemunha.

Ainda que diclosulam tenha apresentado maiores níveis de fitotoxicidade na cultura (Tabela 14), a média de produtividade não diferiu da testemunha.

A utilização de diclosulam, s-metolaclo-ro e piroxasulfona + flumioxazina apresentou resultados intermediários com relação à variável produtividade, não diferindo da testemunha e dos demais tratamentos. Esse resultado não corrobora com aqueles de Velini *et al.* (1992), quando afirmam que níveis significativos de injúrias podem não causar redução de produtividade.

Conclusão

Entre os herbicidas pré-emergentes avaliados, a molécula do diclosulam foi a menos seletiva para a cultura da soja, apresentando fitotoxidez e gerando menor desenvolvimento das plantas.

A utilização somente de glifosato em pós-emergência não afeta o desenvolvimento das plantas, demonstrando seletividade à cultura.

A utilização do herbicida pré-emergente s-metolaclo-ro e a aplicação do glifosato nas doses de 540 e 1080 g e.a. ha¹ em pós-emergência reduzem significativamente a MSPA.

Os herbicidas sulfentrazone + diuron e imazetapir + flumioxazina são os mais seletivos e apresentaram maiores incrementos em produtividade.

Referências Bibliográficas

BARROS, A. C.; MONTEIRO, P. M. F. O.; FURTADO, X. C.; NUNES JÚNIOR, J.; GUERZONI, R. A. Tolerância de cultivares de soja aos herbicidas imazaquin, diclosulam e sulfentrazone, aplicados em solo de textura arenosa. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2005.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2017. 574p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3th and 4th meetings of EWRC - Committee of methods in weed research. **Weed Res.**, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

GAZZIERO, D. L. P.; NEUMAIER, N. **Sintomas e diagnose de fitotoxicidade de herbicidas na cultura da soja**. Londrina, PR: Embrapa soja, 1985. 56p.

(Embrapa Soja, Documentos, 13).

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, 1970, v. 24, n. 4, p. 480 – 421.

Köppen, W. 1936. **Das geographische System der Klimate**. Gebr, Borntraeger, p. 1-44.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A. da. **Plantas daninhas: herbicidas**. 1. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, v. 2, 2022. 200p.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba, PR: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. 289 p.

PETTER, F. A.; ZUFFO, A. M.; ALCANTARA NETO, F.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ANDRADE, F. R.; ZUFFO JUNIOR, J. M. Effect of glyphosate and water stress on plant morphology and nutrient accumulation in soybean. **Australian Journal of Crop Science**, vol. 10, n. 2, 2016, p. 251-257.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, v. 15, 2022, 451p.

ROMAN, E. S.; TOSSO, F.; MARINHO, J. A. A. Respostas de cultivares de soja a herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, 2000, p.133-137.

SAS INSTITUTE, INC. **SAS OnDemand for Academics**. 2012. Disponível em: http://www.sas.com/govedu/edu/programs/od_academics.html. Acesso em: 12 dez. 2023.

SILVA, A. A. da.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F.; Colaboradores: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; VARGAS, L. **Controle de plantas daninhas**. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. 260 p.

SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. **Soja: do plantio à colheita**. 2. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022. 304 p.

VELINI, E. D.; FREDERICO, L. A. M.; MORELLI, J. L.; MARUBAUYASHI, O. M. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406). **STAB**, Piracicaba, v.1 O, nA, p.13-16, 1992.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995, 400p.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JR, R. S.; KREMER, R. J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C. M.; MUNIZ, A. S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, vol. 97, n. 3, 2010, p. 182-193.

ZUFFO, A. M.; PETTER, F. A.; NOBREGA, J. C. A.; PACHECO, L. P.; ALCANTARA NETO, F.; ANDRADE, F. R. Micro-biological attributes in a Latosol in glyphosate application under water deficit conditions. **African Journal of Agricultural Research**, vol. 9, n. 32, 2014, p. 2495-2505.

7. Conclusão Geral

Alguns herbicidas pré-emergentes podem alterar o desenvolvimento da cultura da soja, afetando a altura de plantas, massa seca da parte aérea e causando fitotoxicidade. Por outro lado, sua associação com glifosato em pós-emergência não altera a produtividade dessa cultura.

A produtividade de soja não diferiu significativamente entre os tratamentos, todavia as médias tendem a ser maior, com a utilização de herbicidas pré-emergentes.

Com os resultados obtidos no controle de plantas daninhas na cultura da soja com pré-emergentes e glifosato pós-emergente, podemos considerar que os herbicidas pré-emergentes são uma ferramenta que auxilia o controle de plantas daninhas, permitindo a não utilização de herbicida glifosato em pós-emergência, dependente da flora infestante e do banco de semente presente.