

ANIBAL PELICIA ARAUJO

HALAUXIFEN-METHYL E DICLOSULAM: EFEITO DA PALHA, DINÂMICA NO SOLO, EFICÁCIA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E RISCOS PARA A SOJA

Botucatu

2026

ANIBAL PELICIA ARAUJO

HALAUXIFEN-METHYL E DICLOSULAM: EFEITO DA PALHA, DINÂMICA NO SOLO, EFICÁCIA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E RISCOS PARA A SOJA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em agricultura.

Orientador: Caio Antonio Carbonari

Coorientador: Raphaél Mereb Negrison

Botucatu

2026

A663h

Araújo, Aníbal Pelícia

Halauxifen-methyl e diclosulam: efeito da palha, dinâmica no solo, eficácia de controle de plantas daninhas e riscos para a soja / Aníbal Pelícia Araújo. -- , 2026

61 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,

Orientador: Caio Antonio Carbonari

Coorientador: Raphaél Mereb Negrisoni

1. halauxifen-methyl. 2. diclosulam. 3. seletividade. 4. planta daninha. 5. residual. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

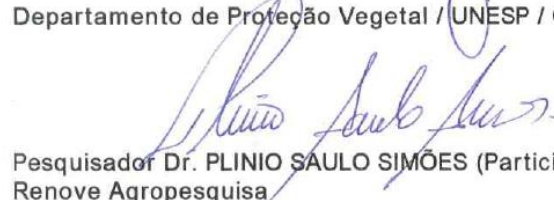
Título:

HALAUXIFEN-METHYL E DICLOSULAM: EFEITO DA PALHA, DINÂMICA NO SOLO, EFICÁCIA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E RISCOS PARA A SOJA

AUTOR: ANÍBAL PELÍCIA ARAÚJO

ORIENTADOR: CAIO ANTONIO CARBONARI

COORDENADOR: RAPHAÉL MEREB NEGRISOLI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Agricultura),
pela Comissão Examinadora:Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI (Participação Presencial)
Diretoria / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCAProf. Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI (Participação Presencial)
Departamento de Proteção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCAPesquisador Dr. PLÍNIO SAULO SIMÕES (Participação Presencial)
Renove Agropesquisa

Botucatu, 06 de fevereiro de 2026.

A Deus e à minha família,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança para enfrentar cada desafio ao longo desta jornada. Sem sua presença e orientação, nada disso seria possível.

À minha esposa, por todo amor, compreensão e apoio constante. Sua presença foi essencial para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida, mesmo nos dias de cansaço e incerteza.

À minha mãe, por seu amor inabalável, paciência e por sempre acreditar em mim, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu pai, exemplo de dedicação e trabalho, esforço e honestidade.

Ao meu irmão, pela amizade, companheirismo e por estar sempre ao meu lado, oferecendo apoio e incentivo.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia / Agricultura, e à Faculdade de Ciências Agrônomicas, pela oportunidade e formação.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Dr. Caio Antonio Carbonari, pela orientação, paciência e dedicação durante toda a realização deste trabalho. Sua competência, compromisso e disponibilidade foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Sou grato pelas valiosas contribuições, pelos ensinamentos transmitidos e pelo incentivo constante, que ultrapassaram o âmbito acadêmico e contribuíram também para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao meu coorientador, Dr. Raphaél Mereb Negrisoni, pela constante disposição em auxiliar, pelas sugestões sempre pertinentes e pelo acompanhamento atento ao longo desta jornada. Sua experiência, dedicação e olhar crítico foram essenciais para o aprimoramento deste trabalho e para o meu aprendizado durante o mestrado. Sou grato por todo o apoio, incentivo e contribuições que enriqueceram significativamente esta pesquisa.

Aos Docentes do Programa de Agricultura e funcionários da Seção de Pós-Graduação por toda a orientação, ensino, oportunidade e convivência.

A Techfield assessoria e consultoria agrícola por todo apoio e ajuda para a realização deste trabalho.

Aos amigos do NUPAM, que serão sempre lembrados e queridos. Por todo companheirismo, amizade e apoio. Aos queridos amigos Saulo, Diego, Alysson, Guilherme, Marcelo, Renato, Roberto e todos que conviveram comigo nesse período.

A todos vocês, meu mais sincero agradecimento. Este trabalho é também fruto do amor, da fé e do apoio que sempre recebi de cada um.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”.

(Ayrton Senna)

RESUMO

A utilização de herbicidas pré-emergentes na entressafra é fundamental para o manejo de plantas daninhas, porém sua dinâmica em solos arenosos exige cautela. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a influência da palha de milho e a dinâmica no perfil do solo da mistura formulada de diclosulam + halauxifen-methyl, determinando sua eficácia no controle de plantas daninhas alvo e a seletividade para a cultura da soja em solo de textura arenosa. O estudo foi conduzido em casa de vegetação e em campo, em solo de textura arenosa (Neossolo Quartzarênico). Em casa de vegetação, o herbicida demonstrou eficácia excepcional, mantendo 100% de controle de *Bidens pilosa* e *Ipomoea purpurea* por até 50 dias após a aplicação (DAA). Esse longo residual valida a estratégia de manejo logo após a colheita do milho, permitindo o "plantio no limpo" e eliminando a competição inicial com a soja. Contudo, essa persistência resultou em fitotoxicidade extrema e emergência nula (0%) da soja até os 50 DAS, mesmo com o efeito mitigador parcial da palha (4 t ha⁻¹). No experimento de campo, observou-se fitotoxicidade nula na soja e baixa eficácia sobre as plantas daninhas. A quantificação via LC-MS/MS no campo revelou que o halauxifen-methyl manteve concentrações três a quatro vezes superiores às do diclosulam na camada de 0-10 cm, mas a precipitação natural promoveu a lixiviação acelerada dos ativos. Esse deslocamento para camadas subsuperficiais removeu a concentração letal da zona de germinação, conferindo seletividade por "escape" à cultura, mas comprometendo o controle residual das infestantes. Conclui-se que o halauxifen-methyl + diclosulam é uma ferramenta robusta para o manejo preventivo, mas sua seletividade e eficácia em solos arenosos são dependentes da dinâmica hídrica e da lixiviação no perfil edáfico. Recomenda-se um intervalo de segurança superior a 50 dias em condições de baixa pluviosidade para evitar o risco de carryover.

Palavras-chave: halauxifen-methyl; diclosulam; seletividade; planta daninha; residual.

ABSTRACT

The use of pre-emergence herbicides during the fallow period is essential for weed management; however, their dynamics in sandy soils require caution. The objectives of this study were to evaluate the influence of maize straw and the soil profile dynamics of the formulated mixture of diclosulam + halauxifen-methyl, determining its efficacy in controlling target weeds and its selectivity for soybean crops in sandy soil. The study was conducted in both greenhouse and field conditions, in sandy soil (Typic Quartzipsamment). In the greenhouse, the herbicide demonstrated exceptional efficacy, maintaining 100% control of *Bidens pilosa* and *Ipomoea purpurea* for up to 50 days after application (DAA). This long residual effect validates the management strategy immediately after maize harvest, enabling the "planting in the clean" concept and eliminating initial competition with soybean. However, this persistence resulted in extreme phytotoxicity and zero soybean emergence (0%) up to 50 days before sowing (DBS), even with the partial mitigating effect of maize straw (4 t ha⁻¹). In the field experiment, no phytotoxicity was observed in soybean, along with low weed control efficacy. Quantification via LC-MS/MS in the field revealed that halauxifen-methyl maintained concentrations three to four times higher than diclosulam in the 0-10 cm layer, but natural rainfall promoted accelerated leaching of the active ingredients. This displacement to sub-surface layers removed the lethal concentration from the germination zone, providing selectivity by "escape" to the crop, but compromising the residual control of weeds. It is concluded that halauxifen-methyl + diclosulam is a robust tool for preventive management, but its selectivity and efficacy in sandy soils are dependent on water dynamics and leaching within the edaphic profile. A safety interval exceeding 50 days is recommended under low rainfall conditions to avoid the risk of carryover.

Keywords: halauxifen-methyl; diclosulam; selectivity; crop weeds; herbicide persistence.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA SOJA	20
2.2	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO DICLOSULAM E HALAUXIFEN-METHYL.....	21
2.2.1	Diclosulam	21
2.2.2	Halauxifen-methyl.....	22
2.3	<i>BIDENS PILOSA</i>	25
2.4	<i>IPOMEA PURPUREA</i>	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	EFEITO DOS HERBICIDAS NO CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS EM CASA-DE-VEGETAÇÃO	29
3.1.1	Local e condições do experimento	29
3.1.2	Caracterização do solo	30
3.1.3	Palhada de milho	31
3.1.4	Herbicida e tratamentos.....	31
3.1.5	Delineamento experimental.....	32
3.1.6	Avaliações realizadas	33
3.2	EFEITO DOS HERBICIDAS NA SELETIVIDADE DA SOJA EM CASA-DE-VEGETAÇÃO ...	33
3.2.1	Local e condições do experimento.....	33
3.2.2	Herbicida e tratamentos.....	34
3.2.3	Delineamento experimental.....	35
3.2.4	Avaliações realizadas	35
3.3	EFEITO RESIDUAL DO DICLOSULAM + HALAUXIFEN-METHYL NO CAMPO	35
3.3.1	Localização, condições experimentais e tratamentos utilizados	35
3.4	METODOLOGIA DE COLETA DOS SOLOS	38
3.4.1	Metodologia de extração da solução do solo e quantificação do diclosulam + halauxifen-methyl.....	39
3.4.2	Quantificação do diclosulam + halauxifen-methyl nas amostras de solo	41
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	42
4	RESULTADOS.....	43
4.1	EFEITO DO HERBICIDA NO CONTROLE DAS DANINHAS EM CASA-DE-VEGETAÇÃO ..	43

4.2	EFEITO DO HERBICIDA NA SELETIVIDADE DA SOJA EM CASA-DE-VEGETAÇÃO	46
4.3	EFEITO RESIDUAL DO DICLOSULAM + HALAUXIFEN-METHYL NO CAMPO	49
5	DISCUSSÃO.....	53
6	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A produção de grãos no Brasil tem apresentado crescimento contínuo, refletindo a importância estratégica do setor agrícola para a economia nacional. Para a safra 2024/25, projeta-se um aumento de 35,4 milhões de toneladas em relação ao ciclo anterior, atingindo 332,9 milhões de toneladas, volume que representa um novo recorde histórico segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025). Esse incremento está associado tanto à expansão da área cultivada, estimada em 81,7 milhões de hectares (crescimento de 2,2%), quanto à recuperação da produtividade média das lavouras, projetada em 9,5%, alcançando 4.074 kg ha⁻¹ (CONAB, 2025).

Dentre os grãos produzidos, a soja se destaca pela representatividade e pelo crescimento consistente, com previsão de colheita de 168,3 milhões de toneladas a maior já registrada na série histórica nacional (CONAB, 2025). Estados do Centro-Oeste, Sudeste, Paraná e Tocantins já concluíram a colheita, com produtividades recordes em regiões como Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia e Rondônia. Esse desempenho positivo resulta da combinação de condições climáticas favoráveis e do elevado nível tecnológico e de gestão dos produtores.

Apesar dos avanços, a interferência de plantas daninhas permanece como um dos principais fatores limitantes à produtividade agrícola. Segundo Pitelli (1985), o conceito de interferência envolve não apenas a competição por recursos essenciais, como luz, água, nutrientes e espaço, mas também a um conjunto de interações ecológicas que afetam diretamente o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento das culturas. Assim, a presença de plantas daninhas compromete o equilíbrio do agroecossistema e reduz significativamente o potencial produtivo.

As plantas daninhas de difícil controle na cultura da soja tem se tornado cada vez mais desafiador devido à evolução de populações resistentes a diferentes mecanismos de ação de herbicidas. Nesse cenário, a utilização de moléculas em pré-emergência é considerada uma ferramenta essencial, uma vez que contribui para reduzir a infestação inicial e proporcionar efeito residual prolongado, auxiliando no manejo integrado (Mueller *et al.*, 2014; Rizzardi *et al.*, 2016).

Com esse propósito, novas tecnologias vêm sendo disponibilizadas ao mercado, como o herbicida Paxeo®, desenvolvido pela Corteva Agriscience, composto por diclosulam (580 g kg⁻¹) e halauxifen-methyl (115 g kg⁻¹), pertencentes,

respectivamente, aos grupos de inibidores da acetolactato sintase (ALS, Grupo B) e dos mimetizadores de auxina (Grupo O), de acordo com a classificação do HRAC (Agrolink 2022, 2025). O halauxifen-methyl, molécula base da tecnologia Arylex™ active, constitui uma nova auxina sintética capaz de atuar em locais exclusivos da planta, translocando-se pelo floema até pontos de crescimento e sistema radicular, mesmo em condições ambientais adversas (Revista Cultivar, 2022). Além disso, apresenta compatibilidade para associação com graminicidas, ampliando o espectro de controle.

No manejo de plantas daninhas, a seletividade é um princípio fundamental, pois determina a capacidade do herbicida em controlar espécies indesejadas sem provocar fitotoxicidade significativa à cultura (Brighenti; Oliveira, 2011). A seletividade pode ocorrer naturalmente ou ser induzida por técnicas como a transgenia, e sua correta compreensão é decisiva para a escolha das moléculas adequadas. Enquanto herbicidas seletivos, como atrazina e 2,4-D, são amplamente utilizados em milho e cana-de-açúcar, respectivamente, produtos não seletivos, como glifosato e diquat, apresentam ação ampla e são empregados em situações específicas de manejo (Mais Agro Syngenta, 2025).

Outro aspecto determinante para a eficácia e seletividade dos herbicidas é seu comportamento no ambiente. Após a aplicação, o destino dos compostos é definido por processos de retenção, transformação e transporte, os quais envolvem mecanismos como adsorção ao solo, absorção pelas plantas, degradação química e biológica, lixiviação, volatilização e fotodecomposição (Correia 2017, 2018; Velini *et al.*, 2015). Esses processos são fortemente influenciados pelas características físico-químicas dos produtos – como solubilidade em água, pressão de vapor, coeficiente de partição octanol-água (Kow), potencial de dissociação (pKa), constante de Henry (H) e tempo de meia-vida (T_{1/2}) – bem como pelas condições edafoclimáticas locais (Brighenti; Oliveira, 2011; Carbonari, 2017).

A presença de palha sobre o solo, típica de sistemas conservacionistas como o plantio direto, exerce influência significativa sobre a dinâmica dos herbicidas. A palha funciona como uma barreira física que pode reter parte do produto, favorecendo processos de degradação e volatilização devido à maior exposição à radiação solar e às variações de temperatura (Bryson; Locke, 1997; Marble, 2015). Para que o herbicida atinja o solo e exerça sua ação efetiva, a ocorrência de precipitação após a aplicação é essencial, promovendo sua lixiviação da palha para o perfil do solo (Araldi

et al., 2015; Maciel; Velini 2005). Fatores como solubilidade, formulação, quantidade de palha, intensidade e frequência das chuvas, bem como o tempo de permanência do produto na superfície, condicionam diretamente esse processo (Carbonari, 2017).

Diante desse cenário, compreender a interação entre herbicidas, solo e palha torna-se imprescindível para otimizar o manejo de plantas daninhas resistentes na cultura da soja. Considerando a importância econômica da oleaginosa para o Brasil, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da palha de milho e a dinâmica no perfil do solo da mistura formulada de halauxifen-methyl e diclosulam, determinando sua eficácia no controle de plantas daninhas alvo e a seletividade para a cultura da soja em solo de textura arenosa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Controle de plantas daninhas na soja

O manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) constitui uma das principais estratégias no sistema produtivo da soja, visando garantir produtividade e sustentabilidade do cultivo. Entre as ferramentas disponíveis, os herbicidas se destacam pela eficiência e praticidade, sobretudo em áreas de grande escala. A utilização de moléculas aplicadas em pré-emergência é essencial nesse contexto, uma vez que reduz a infestação inicial, proporciona efeito residual prolongado e retarda a necessidade de aplicações em pós-emergência (Júnior *et al.*, 2020; Melo *et al.*, 2010).

A eficácia dos herbicidas pré-emergentes depende fortemente da umidade do solo, pois esses produtos atuam, em sua maioria, sobre os processos de germinação e desenvolvimento inicial do sistema radicular das plantas daninhas (Júnior; Oliveira *et al.*, 2011). O chamado efeito carryover refere-se à persistência da molécula no solo em níveis biologicamente ativos, podendo causar intoxicação em culturas sensíveis cultivadas em sucessão (Ferreira *et al.*, 2019; Mancuso *et al.*, 2011).

Na cultura da soja, a adoção de herbicidas em pré-emergência representa uma estratégia eficiente no manejo de espécies de difícil controle (Muller *et al.*, 2014). Sistemas como o semeie-aplique, que consistem na aplicação do herbicida diretamente no solo após a semeadura, oferecem vantagens por reduzirem o risco de fitotoxicidade e prolongarem o período de controle das infestantes. Dessa forma, minimizam a competição inicial e, em alguns casos, reduzem a necessidade de reaplicações (Bertiol *et al.*, 2020).

Entretanto, a grande diversidade de plantas daninhas em áreas agrícolas faz com que o uso de uma única molécula seja, muitas vezes, insuficiente para o controle satisfatório, mesmo quando associada a efeito residual prolongado (Walsh *et al.*, 2014). Assim, a integração de diferentes mecanismos de ação e o uso combinado de herbicidas pré e pós-emergentes tornam-se fundamentais, principalmente diante do aumento de biótipos resistentes ao glifosato (Caratti *et al.*, 2015).

2.2 Propriedades físico-químicas do diclosulam e halauxifen-methyl

2.2.1 Diclosulam

O diclosulam pertence ao grupo químico das sulfonanilidas do tipo triazolopirimidina, classificando-se como um herbicida de pré-emergência (Almeida; Rodrigues, 2018). Seu modo de ação consiste na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), fundamental na rota de síntese de aminoácidos essenciais (valina, leucina e isoleucina), o que inviabiliza o crescimento das plantas suscetíveis.

Do ponto de vista ambiental, o diclosulam é notável por sua persistência no solo, característica que o estabelece como um potente herbicida residual. Essa persistência é regulada por fatores edáficos como a matéria orgânica e o pH do solo, visto que sua solubilidade em água é baixa e o seu pKa (valor de 4,02, caracterizando-o como um ácido fraco) afeta o grau de ionização e, conseqüentemente, a adsorção, sua degradação é predominantemente via microbiana (Tabela 1).

A mobilidade do diclosulam no perfil do solo é considerada moderada, entretanto, sua dinâmica é altamente sensível à textura, sendo que em solos arenosos de baixa adsorção, como o Neossolo Quartzarênico, ele apresenta uma dissipação relativamente rápida, com tendência à lixiviação em condições de ausência de palha e alta precipitação. A presença de palha é um fator crucial em seu destino, pois, ao interceptar a molécula, ela pode aumentar a meia-vida do herbicida, protegendo-o de processos de degradação e prolongando seu efeito residual (Patel *et al.*, 2023).

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas e ecotoxicológicas do herbicida diclosulam

CARACTERÍSTICA	PROPRIEDADE	IMPLICAÇÃO NO MANEJO / AMBIENTE
Grupo Químico	Triazolopirimidina Sulfonanilida	Determina o modo de ação e o risco de resistência cruzada com outros inibidores da ALS.
Mecanismo de Ação	Inibidor da Acetolactato Sintase (ALS)	Bloqueia a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada.
Solubilidade em Água (Sw)	Baixa (< 1,0 mg/L)	Limita a lixiviação em solos argilosos; favorece a retenção em resíduos.
Coeficiente de Partição (Koc)	Alto	Indica forte adsorção à matéria orgânica e a palha.
pKa	~4.0 (ácido fraco)	A adsorção (Koc) é maior em pH baixo (solos ácidos).
T 1/2 (Meia-Vida no Solo)	Moderado a Longo (60-120 dias)	Confere o efeito residual prolongado necessário para o controle.
Mobilidade	Moderada	Risco de lixiviação em solos arenosos de baixo Koc sob alta precipitação.
Degradação Primária	Microbiana	A persistência é dependente da atividade biológica e temperatura do solo.

2.2.2 Halauxifen-methyl

O halauxifen-methyl, classificado no grupo químico dos ácidos piridinocarboxílicos (arilpicolinatos), é um herbicida de pré-emergência e pós-emergência pertencente ao mecanismo de ação das auxinas sintéticas. Seu peso molecular é de 355,2 g/mol.

A molécula é formulada como éster metílico, que é rapidamente hidrolisado no solo e na planta para formar o Halauxifen-ácido, a forma biologicamente ativa. O halauxifen-ácido é um ácido fraco, com pKa de 4,7, o que confere ao produto uma solubilidade em água dependente do pH. Em pH mais altos, a solubilidade do halauxifen-ácido é alta 3.860 mg L⁻¹ a pH 7, enquanto em pH baixos (ácidos) ela é reduzida.

O herbicida atua de forma sistêmica, sendo absorvido e translocado tanto pelo xilema quanto pelo floema. Seu modo de ação envolve a ligação a receptores específicos de auxina, o que desencadeia a desregulação do crescimento da planta.

No ambiente, o halauxifen-methyl é conhecido por apresentar baixa volatilidade. Sua persistência no solo (T_{1/2}) é classificada como moderada a curta, variando entre 5 e 12 dias, sendo a degradação predominantemente microbiana (Tabela 2). Contudo, o halauxifen-ácido, que é o resíduo mais estável no solo, apresenta um K_{oc} (coeficiente de adsorção ao carbono orgânico) baixo, variando de 3,2 a 6,4 mL/g. Este baixo K_{oc} indica uma baixa adsorção aos colóides do solo, o que, em solos com baixa matéria orgânica e alta precipitação, aumenta significativamente o risco de lixiviação e mantém a molécula biodisponível por longos períodos, caracterizando seu efeito residual e alto potencial de fitotoxicidade em culturas sensíveis.

Tabela 2 - Propriedades físico-químicas e ecotoxicológicas do herbicida halauxifen-methyl

CARACTERÍSTICA	PROPRIEDADE	IMPLICAÇÃO NO MANEJO / AMBIENTE
Grupo Químico	Ácidos Piridinocarboxílicos (Arlpicolinato)	Novo grupo auxínico, importante para o manejo da resistência.
Mecanismo de Ação	Mimetizador de Auxina Sintética	Causa desregulação hormonal no tecido meristemático.
pKa (Forma Ácida)	4,7	A solubilidade e a mobilidade são dependentes do pH do solo.
Solubilidade em Água (Sw)	Alta 3.860 mg L ⁻¹ a pH 7	Alto risco de lixiviação em solos de baixa adsorção.
Koc (Coeficiente de Partição)	Baixo (3,2-6,4 mL/g)	Indica baixa adsorção a Matéria Orgânica, maior biodisponibilidade na solução do solo.
T 1/2 (Meia-Vida no Solo)	Curta a Moderada (5-12 dias)	A degradação do éster é rápida, mas o resíduo ácido pode persistir.
Mobilidade	Alta	Mobilidade potencializada em solos arenosos e sob regime de chuvas.
Translocação	Sistêmica (Xilema e Floema)	Permite o controle eficaz em plantas daninhas estabelecidas.

2.3 *Bidens pilosa*

Bidens pilosa é uma planta daninha pertencente à família Asteraceae, amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo originária das Américas. No Brasil, é considerada uma das espécies de maior importância econômica devido à sua elevada capacidade de adaptação a diferentes ambientes e sistemas de cultivo (Lorenzi, 2021). Popularmente conhecida como picão-preto, picão ou amor-seco, essa espécie apresenta grande agressividade e alta competitividade com as culturas agrícolas, destacando-se especialmente em lavouras anuais como soja, milho e feijão, além de perenes como café, cana-de-açúcar e citros (Carvalho; Christoffoleti, 2008).

Trata-se de uma planta herbácea anual, de ciclo curto, com crescimento ereto e bastante ramificado, podendo atingir de 30 a 150 cm de altura, dependendo das condições ambientais. Possui caule verde a arroxeado e piloso, folhas opostas geralmente trifolioladas, com margens serrilhadas e nervuras bem evidentes, características típicas da família Asteraceae. As inflorescências são do tipo capítulo, com flores pequenas de coloração amarela ou branca. O fruto é um aquênio preto, fino e alongado, provido de aristas com ganchos retróscos, que favorecem a dispersão das sementes por meio do contato com roupas, animais e implementos agrícolas (Carvalho; Christoffoleti, 2008; Lorenzi, 2021).

A reprodução do picão-preto ocorre exclusivamente por sementes, apresentando elevada capacidade reprodutiva, podendo produzir mais de 3 mil sementes por planta (Carvalho; Christoffoleti, 2008). Essas sementes apresentam alta viabilidade e germinam rapidamente, mesmo sob condições adversas, o que confere à espécie uma emergência escalonada ao longo do tempo, dificultando o controle em áreas agrícolas. A germinação ocorre preferencialmente em profundidades de até 4 cm, embora algumas sementes possam emergir de camadas mais profundas, dependendo da textura e umidade do solo (Roman; Vargas, 2006).

Do ponto de vista ecológico, *Bidens pilosa* apresenta alta plasticidade adaptativa, desenvolvendo-se em diferentes tipos de solo e sob ampla variação de luminosidade e umidade. Sua rápida taxa de crescimento e habilidade competitiva conferem-lhe vantagem sobre espécies cultivadas, especialmente quando ocorre no início do ciclo das culturas. A interferência do picão-preto pode causar perdas significativas de produtividade, chegando a reduções de até 70% na produção de

grãos de soja quando o controle é ineficiente (Lorenzi, 2021). Além disso, essa espécie apresenta comportamento típico de plantas ruderal-pioneiras, colonizando áreas perturbadas e rapidamente se estabelecendo após o preparo do solo ou colheita (Carvalho; Christoffoleti, 2008).

Um fator que intensifica a importância agrônômica dessa planta é a resistência a herbicidas, relatada em diversas regiões do Brasil e do mundo. Populações de *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans* desenvolveram resistência aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS), como chlorimuron-ethyl, imazethapyr e nicosulfuron, bem como aos inibidores do fotossistema II (PSII), como atrazina (HRAC, 2023). Em algumas situações, já se observou resistência múltipla a ambos os mecanismos de ação, o que limita severamente as opções de manejo químico (Mueller *et al.*, 2020). Essa resistência está associada ao uso repetitivo e contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, aliado à alta taxa de produção de sementes e à grande variabilidade genética da espécie (Roman; Vargas, 2006).

2.4 *Ipomea Purpurea*

É conhecida popularmente como corda-de-viola, pertence à família Convolvulaceae e é uma das espécies trepadeiras mais comuns nas áreas agrícolas do Brasil, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical. Originária das Américas, essa espécie apresenta ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e destaca-se pela capacidade de se desenvolver em solos férteis ou pobres, tornando-se uma das principais plantas daninhas em culturas anuais e perenes (Lorenzi, 2021).

Trata-se de uma planta herbácea anual, volúvel e trepadeira, que pode atingir até 3 metros de comprimento, com caule fino, flexível e piloso, que se enrosca em outras plantas ou estruturas para se sustentar. As folhas são alternadas, simples, com limbo cordiforme (em forma de coração), pecioladas e de coloração verde intensa. As flores são grandes, vistosas, em forma de funil, geralmente de coloração roxa, azul-arroxeada ou esbranquiçada, característica que explica sua ampla disseminação também como planta ornamental (Carvalho; Christoffoleti, 2008). O fruto é uma cápsula globosa, seca, que se abre na maturidade liberando de três a cinco sementes pretas, pequenas e duras, com tegumento espesso e impermeável, o que garante sua longevidade no solo (Roman; Vargas, 2006).

A reprodução de *Ipomea purpurea* ocorre exclusivamente por sementes, que apresentam alta dormência fisiológica, prolongando sua viabilidade por vários anos. Essa característica contribui para a formação de extensos bancos de sementes no solo, dificultando o controle da espécie em sistemas agrícolas (Cardoso *et al.*, 2018). A germinação é estimulada por luz e temperatura elevadas, sendo comum a emergência após o revolvimento do solo ou abertura do dossel vegetal. A emergência das plântulas ocorre predominantemente nas camadas superficiais (até 3 cm), e o estabelecimento é favorecido em áreas com baixa cobertura vegetal e alta luminosidade (Carvalho; Christoffoleti, 2008).

A *Ipomea purpurea* apresenta elevada capacidade de competição com as culturas agrícolas devido à sua morfologia trepadeira, que causa sombreamento e acamamento das plantas cultivadas, além de dificultar a colheita mecanizada. Em culturas como soja, milho, algodão e cana-de-açúcar, sua presença pode causar reduções significativas na produtividade, interferindo principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (Lorenzi, 2021; Roman; Vargas, 2006). Em sistemas perenes, como café e citros, a infestação compromete a aeração e o manejo cultural, além de competir por luz, água e nutrientes.

Além da interferência direta na produção, *Ipomea purpurea* tem se tornado uma espécie de preocupação crescente devido à resistência a herbicidas. Populações resistentes a inibidores da EPSPs (glyphosate) foram relatadas em áreas agrícolas da América do Sul e dos Estados Unidos, onde o uso contínuo de glifosato em sistemas de semeadura direta e culturas transgênicas contribuiu para a seleção de biótipos resistentes (Carvalho *et al.*, 2015; Heap, 2025). No Brasil, embora ainda existam poucos casos confirmados, há relatos de tolerância e de controle inconsistente, sugerindo a necessidade de estratégias preventivas e integradas de manejo (HRAC, 2023).

O manejo da *Ipomea purpurea* deve ser realizado de forma integrada, combinando práticas culturais, mecânicas e químicas. O controle cultural inclui a rotação de culturas, o uso de coberturas vegetais densas e o plantio em alta população, práticas que reduzem a incidência de luz no solo e, consequentemente, a emergência de plântulas (Carvalho; Christoffoleti, 2008). O controle mecânico, como roçadas e capinas, é eficiente quando realizado antes da frutificação, evitando a reposição do banco de sementes. Já o controle químico apresenta maior

complexidade, pois a espessa cutícula e o rápido crescimento vegetativo dificultam a penetração de herbicidas, além da variabilidade genética da espécie.

Entre os herbicidas mais eficazes em pós-emergência destacam-se produtos de contato, como o diquat, e sistêmicos, como glufosinato de amônio e misturas com inibidores da ALS (por exemplo, chlorimuron-ethyl e imazethapyr) em áreas sem resistência relatada (Carvalho *et al.*, 2015; HRAC, 2023). O uso de herbicidas pré-emergentes, como flumioxazin, sulfentrazone, diclosulam e metribuzin, também tem mostrado bom desempenho na redução da emergência inicial. Contudo, o manejo químico isolado é insuficiente, sendo indispensável a rotação de mecanismos de ação e a integração de diferentes métodos para evitar seleção de biótipos resistentes.

2.5 Dinâmica de herbicidas na palha e no solo

A dinâmica dos herbicidas é influenciada por processos de retenção, transporte e transformação. Em sistemas de plantio direto, a palha pode interceptar o produto, retardando sua chegada ao solo. A lixiviação da palha para a camada de germinação depende da solubilidade do herbicida, do tipo de formulação, da quantidade de palha e do volume de chuva (Araldi *et al.*, 2015; Procópio *et al.*, 2008).

Enquanto permanece na superfície, a molécula está sujeita à fotodegradação e volatilização, reduzindo o efeito residual. No solo, os principais fatores determinantes são a textura, o pH e o teor de matéria orgânica, que regulam a adsorção e a disponibilidade do herbicida para absorção pelas plantas (Inoue *et al.*, 2011). Herbicidas mais solúveis apresentam maior risco de lixiviação e contaminação ambiental segundo Harper e Koskinen (1990), enquanto moléculas fortemente adsorvidas tendem a apresentar efeito residual mais prolongado (Almeida; Rodrigues, 2018).

Assim, compreender a interação entre herbicida, palha, solo e ambiente é fundamental para garantir eficácia no manejo de plantas daninhas e reduzir riscos ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Efeito dos herbicidas no controle das plantas daninhas em casa-de-vegetação

3.1.1 Local e condições do experimento

A primeira etapa dos estudos experimentais foi conduzida em casa-de-vegetação na área experimental da Techfield assessoria e consultoria agrícola, com coordenadas geograficamente na latitude 22°52'20.6"S, longitude 48°29'02.3"W e altitude de 853 metros, localizada na cidade de Botucatu-SP. Segundo a classificação de Köppen, a cidade de Botucatu-SP apresenta clima subtropical úmido (classificação Cfa), caracterizado por verões quentes e ausência de estação seca definida. A cidade está situada a uma altitude de 692 metros, o que contribui para temperaturas amenas, com média anual de 19,7 °C.

O experimento foi instalado em 28/07/2025 e suas avaliações deram início no dia 24/10/2025, sete dias após o plantio das plantas daninhas. As condições meteorológicas estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Condições meteorológicas registradas durante a aplicação dos tratamentos dos herbicidas diclosulam + halauxifen-methyl, para o controle de plantas daninhas

Data	DAP	Hora	Temperatura (°C)	UR (%)	Ventos (km h ⁻¹)	Nebulosidade (%)
28/07/2025	50	17:39 - 17:43	19	70	1,2	70
18/08/2025	30	17:20 - 17:23	22	41	1,9	60
02/09/2025	15	17:47 - 17:51	24	39	1,5	65
10/09/2025	7	17:31 - 17:36	27	35	1,8	70

3.1.2 Caracterização do solo

O solo utilizado no experimento foi um Neossolo Quartzarênico proveniente da área experimental da Techfield. Os resultados quanto às análises granulométricas e químicas do solo experimental estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Resultados de análise granulométrica da área experimental da Techfield assessoria e consultoria agrícola

Profundidade (cm)	Granulometria (%)					Classe textural
	Argila	Limo	Fina	Areia Grossa	Total	
0-20	11,5	2,6	52,7	33,2	85,9	Arenosa
20-40	14,8	4,2	46,7	34,3	81,0	Arenosa

Fonte: Agrilab – Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda / Botucatu/SP

Tabela 5 - Resultados de análise química do solo da área experimental da Techfield assessoria e consultoria agrícola

Prof. ¹ (cm)	PH	M.O. ²	P res ³			Mmol.dm ⁻³				V
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.d ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	(%)
						mmol.dm ⁻³				%
0-20	5,2	12	7	1,3	16	5	19	22,3	41,3	54
20-40	4,3	8	4	1,1	7	3	26	11,1	37,1	28

Fonte: Agrilab – Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda / Botucatu/SP.

A cultura anterior onde o solo foi coletado era amendoim e não houve aplicação de herbicida. O solo utilizado para o experimento foi coletado e peneirado, em seguida

foi disposto em vasos. Cada vaso utilizado no experimento possui capacidade de 7 litros, e recebeu 6 litros de solo.

3.1.3 Palhada de milho

A palha utilizada para cobrimento do solo dos tratamentos designados foi obtida coletando-se folhas de plantas de milho da variedade P3565PWU da pioneer, em estágio de senescência, em uma área sem histórico de aplicação de herbicidas. As folhas foram picadas em pequenos fragmentos de aproximadamente 0,5 x 1 cm e pesadas em balança de precisão 14g em quantidade equivalente a 4 t ha⁻¹.

3.1.4 Herbicida e tratamentos

O herbicida utilizado no experimento foi o Paxeo®, sendo composto por diclosulam (580 g kg⁻¹) e o halauxifen-methyl (g kg⁻¹) (tecnologia Arylex® active).

Os tratamentos consistiram na aplicação de Paxeo® (diclosulam 580,00 g kg⁻¹) + (halauxifen-methyl 115,00 g kg⁻¹) na dosagem recomendada pela bula para a cultura da soja de 55 g/ha de produto comercial. A aplicação do experimento foi realizada do lado de fora da casa de vegetação em duas condições, em vasos com palha e vasos com o solo descoberto. As aplicações foram realizadas em pré-emergência nos períodos de 50, 30, 15, e 7 dias antes da semeadura das plantas daninhas. Após as aplicações do herbicida, os vasos foram levados de volta à casa-de-vegetação e irrigados apenas no dia seguinte. A irrigação foi realizada diariamente e os vasos foram mantidos livres das plantas daninhas que não eram de interesse do experimento.

Para realizar a aplicação, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com barra de duas pontas de jato plano, AVI 110 02, espaçados a 50 cm entre si, a pressão constante de 1.8 bar, de tal forma a proporcionar uma taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹ (Figura 1).

Figura 1 - Pulverizador utilizado para realizar a aplicação dos tratamentos em cada unidade experimental



3.1.5 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 10 tratamentos, com cinco repetições cada, em condições com e sem a presença de palhada. As avaliações contemplaram o controle das espécies de plantas daninhas, a saber: *Bidens pilosa*, onde foi semeado 0,3 gramas de semente por vaso e *Ipomoea purpurea*, onde foi semeado 1,4 gramas de semente por vaso (Figura 2).

Figura 2 - Unidades experimentais para o controle de plantas daninhas



3.1.6 Avaliações realizadas

Para a avaliação do herbicida aplicado, baseou-se em critérios segundo a escala de “0” a “100”, na qual o zero representou ausência de sintomas e “100”, a morte total das plantas daninhas, segundo a Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). Foram realizadas seis avaliações visuais da eficácia de controle do herbicida aplicado sobre as espécies de plantas daninhas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação (DAA). Após a última avaliação, foi realizado o corte das plantas daninhas e colocadas em estufa a 60°C para a secagem e após cinco dias de secagem, foi realizado a pesagem da massa seca.

3.2 Efeito dos herbicidas na seletividade da soja em casa-de-vegetação

3.2.1 Local e condições do experimento

O local, condições do experimento, o solo utilizado, assim como a palhada de milho foram as mesmas destacadas no item 3.1.1. Além disso, toda aplicação dos tratamentos foram realizadas concomitantemente com as aplicações do primeiro experimento, detalhado no item 3.1.1.

3.2.2 Herbicida e tratamentos

O herbicida utilizado no experimento foi o Paxeo®, sendo composto por diclosulam (580 g kg^{-1}) e o halauxifen-methyl (115 g kg^{-1}) na dosagem recomendada pela bula para a cultura da soja de 55 g/ha .

A aplicação do experimento foi realizada do lado de fora da casa-de-vegetação (Figura 3) em duas condições, em vasos com palha e vasos com o solo descoberto, as aplicações foram realizadas em pré-emergência nos períodos de 50, 30, 15, e 7 dias antes da semeadura da soja. Após as aplicações do herbicida, os vasos foram levados de volta à casa de vegetação e irrigados apenas no dia seguinte. A irrigação foi realizada diariamente e os vasos foram mantidos livres das plantas daninhas.

Figura 3 - Aplicação dos tratamentos sobre as unidades experimentais para avaliação de seletividade da soja



Para realizar a aplicação, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO_2 , equipado com barra de duas pontas de jato plano, AVI 110 02, espaçados a 50 cm entre si, a pressão constante de 1.8 bar, de tal forma a proporcionar uma taxa de aplicação de 200 L ha^{-1} .

3.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 10 tratamentos, com cinco repetições cada, em condições com e sem a presença de palhada. As avaliações contemplaram a seletividade da soja, cuja variedade utilizada foi Brevant B5595CE.

3.2.4 Avaliações realizadas

A seletividade dos tratamentos foi verificada por meio da avaliação visual realizada aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos, atribuindo-se notas em comparação com o tratamento sem aplicação de herbicidas, considerando-se zero para ausência de sintomas visuais e 100% representado pela morte total das plantas. Após a última avaliação, foi realizado a medição de altura da soja e em seguida o corte da mesma, que foi colocada em estufa a 60°C para a secagem. Após cinco dias de secagem, foi realizado a pesagem da massa seca.

3.3 Efeito residual do diclosulam + halauxifen-methyl no campo

3.3.1 Localização, condições experimentais e tratamentos utilizados

Foi realizado um ensaio a campo na área experimental da Techfield assessoria e consultoria agrícola, para avaliar os efeitos residuais do diclosulam + halauxifen-methyl no solo, com coordenadas geograficamente na latitude 22°52'15.7"S, longitude 48°29'08.9"W e altitude de 859 metros, localizada na cidade de Botucatu-SP, com aplicações nos dias 05 de agosto, 25 de agosto, 09 de setembro e 17 de setembro, no ano de 2024. Nas Tabelas 6 e 7 estão descritos os resultados das análises granulométrica e química do solo da área experimental.

Tabela 6 - Resultados de análise granulométrica da área experimental da Techfield assessoria e consultoria agrícola

Profundidade (cm)	Granulometria (%)					Classe textural
	Argila	Limo	Areia			
			Fina	Grossa	Total	
0-20	11,5	2,6	52,7	33,2	85,9	Arenosa
20-40	14,8	4,2	46,7	34,3	81,0	Arenosa

Fonte: Agrilab – Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda / Botucatu/SP

Tabela 7 - Resultados de análise química do solo da área experimental da Techfield assessoria e consultoria agrícola

Prof.	PH	M.O.	P res	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.d ⁻³				mmol.dm ⁻³			%
0-20	5,2	12	7	1,3	16	5	19	22,3	41,3	54
20-40	4,3	8	4	1,1	7	3	26	11,1	37,1	28

Fonte: Agrilab – Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda / Botucatu/SP

Para esse experimento, a mistura diclosulam + halauxifen-methyl foi aplicado na dose de 55 g ha⁻¹ em pré-emergência. As aplicações foram realizadas sobre a palha de milho e sobre o solo descoberto, sem a presença de palha. Nos tratamentos sem a presença de palha, a mesma foi removida manualmente com uso de rastelos. As aplicações foram realizadas nos períodos de 50, 30, 15, e 7 dias antes da semeadura da soja, utilizando parcelas experimentais que foram constituídas de três metros de largura por cinco metros de comprimento, com quatro repetições. As aplicações convencionais sobre a palha e sobre o solo sem cobertura, foram realizadas através de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com barra de seis pontas de jato plano, AVI 110 02, espaçados a 50 cm entre si, pressão constante de 1.8 bar, de tal forma a proporcionar uma taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹ (Figura 4). Os dados pluviométricos (mm) da região da instalação e durante todo o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 5.

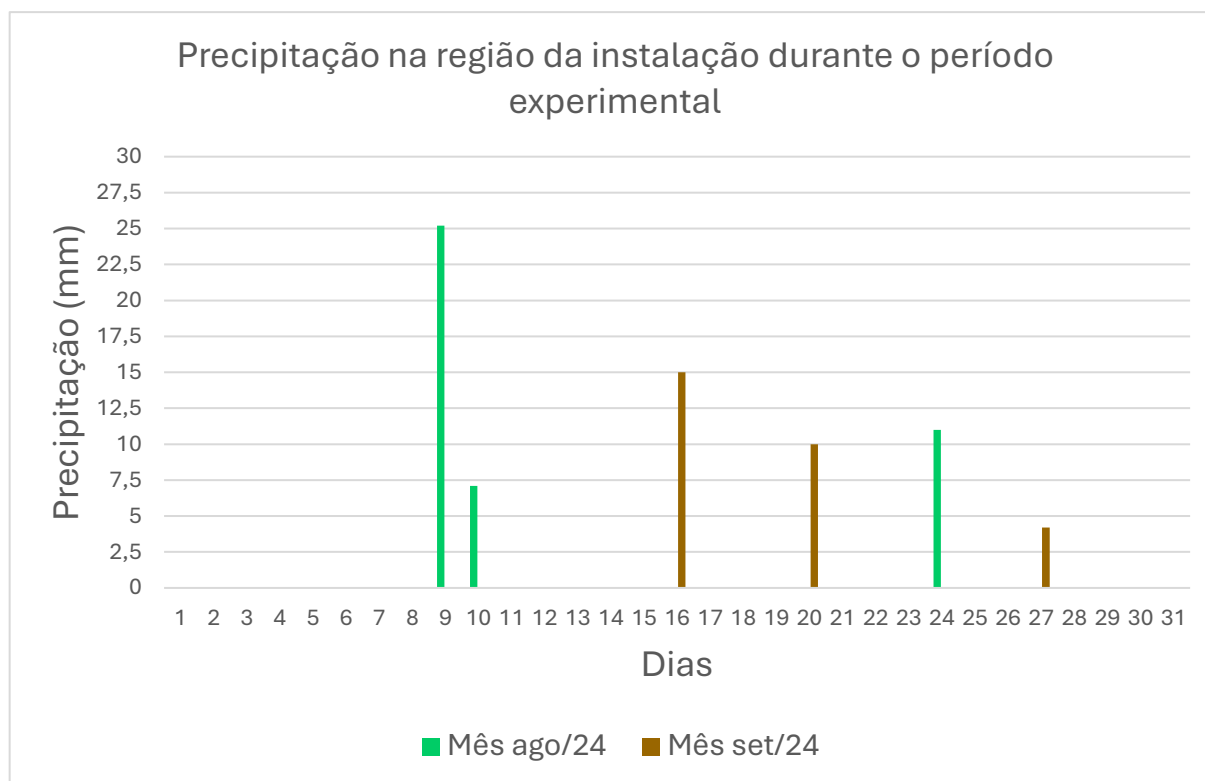
O monitoramento das condições climáticas após as aplicações experimentais revelou diferentes períodos de estiagem. Para a aplicação realizada em 05 de agosto, correspondente aos 50 dias anterior a semeadura (DAS), observou-se um período de estiagem de 4 dias. Na sequência, na aplicação de 25 de agosto (30 DAS), o intervalo sem precipitações estendeu-se por 22 dias. Já para os tratamentos efetuados em setembro, registrou-se um período de 7 dias de estiagem após a aplicação de 09 de setembro (15 DAS) e de 3 dias de estiagem após a aplicação do dia 17 de setembro (7 DAS).

Figura 4 - Aplicação dos tratamentos na área experimental



Foto: Aníbal Pelícia Araújo - 2024

Figura 5 - Dados da precipitação (mm) na região da instalação durante o período experimental



(*) Dados fornecidos pela Techfield assessoria e consultoria agrícola, Botucatu-SP

3.4 Metodologia de coleta dos solos

Para a análise do residual de ambos os ingredientes ativos, realizou-se uma amostragem do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, realizada no dia da semeadura da soja, que foi no dia 24/09/2024 (0 dias), visando mensurar as concentrações de diclosulam e halauxifen-methyl. Em cada parcela experimental e para cada profundidade avaliada, foram coletadas cinco amostras simples para a constituição de uma amostra composta, utilizando-se trados do tipo sonda com 3 cm de diâmetro (Figura 6). Ao todo, foram obtidas 96 amostras, as quais foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos para a preservação da umidade e encaminhadas ao laboratório, onde permaneceram sob congelamento até o processamento analítico.

Figura 6 - Trado utilizado e procedimento de amostragem de solo para análise do residual dos ingredientes ativos testados



Após a amostragem do solo, todo material foi transferido para o Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), localizado na UNESP/FCA. No laboratório, foram determinados os teores de umidade do solo, por meio da pesagem de uma alíquota de solo antes e posteriormente à secagem em estufa de circulação forçada de ar por 48 horas a 60°C.

3.4.1 Metodologia de extração da solução do solo e quantificação do diclosulam + halauxifen-methyl

Cada amostra de solo foi secada em estufa de circulação forçada de ar a 25° por sete dias. Após a secagem, as amostras foram peneiradas e separada uma alíquota de 7 g de solo por amostra, sendo este acondicionado em cartuchos plásticos, utilizando um filtro de fibra de vidro ao final para filtragem além da utilização de um eppendorf de 2 ml para coleta da solução do solo (Figura 7).

Figura 7 – Amostra de solo acondicionada em cartuchos para coleta da solução do solo

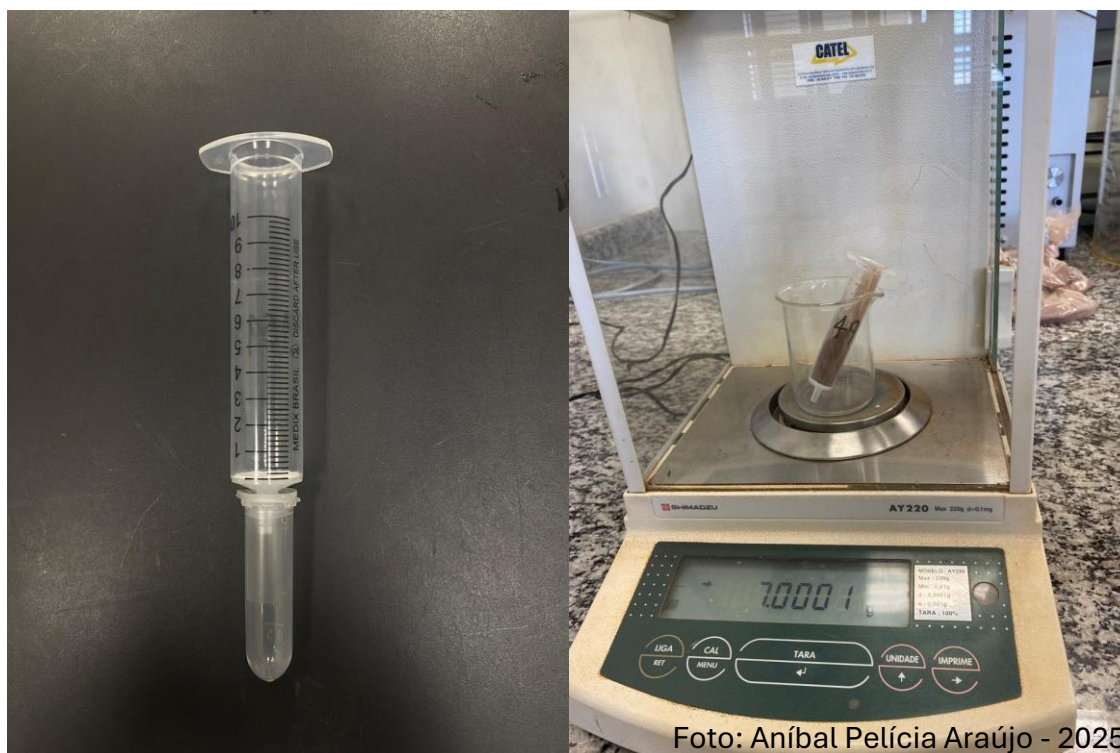


Foto: Aníbal Pelícia Araújo - 2025

Em seguida, realizou-se a saturação do solo com água destilada e determinou-se a quantidade de água para cada cartucho com solo, por meio de pesagem deles antes e após a saturação com água. Após a saturação, as amostras foram acondicionadas no escuro a temperatura ambiente por 24 horas para homogeneização da solução do solo. Em seguida, os cartuchos foram centrifugados a 5500 rpm, a 25° C por 10 minutos, retirando-se e coletando-se toda a solução presente no solo.

A solução extraída foi filtrada em seringas plásticas de 3 ml equipadas com filtro marca Millipore, modelo HV Millex confeccionadas em polietileno com membrana durapore 0,45 µm de poro e 13 mm de diâmetro e posteriormente transferidas para frascos do tipo “vials” de 2 mL, os quais foram lacrados e armazenados em freezer a (-20°C) até o momento da quantificação do diclosulam + halauxifen-methyl por cromatografia. A quantificação do diclosulam + halauxifen-methyl na solução do solo coletado nas diferentes épocas permitiu a determinação das concentrações nas diferentes camadas do solo avaliadas e a elaboração de curvas do total do produto disponível.

3.4.2 Quantificação do diclosulam + halauxifen-methyl nas amostras de solo

Para a quantificação dos ativos diclosulam e halauxifen-methyl na solução do solo foi desenvolvido um método analítico em um cromatógrafo líquido acoplado a um espectrômetro de massas (LC-MS/MS) (Figura 8). Foi utilizado para quantificação dos ativos um sistema composto por um cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC) da Shimadzu (Prominence UFLC) acoplado a um espectrômetro de massas (AB SCIEX Triple Quadropole 4500, utilizado em análises quantitativas de alta sensibilidade. Possui faixa de massa de 5 a 2.000 m/z, com fontes de ionização ESI, APCI ou DuoSpray, permitindo aplicação a diferentes matrizes. O sistema apresenta alta velocidade de aquisição (até 12.000 Da s⁻¹), rápida comutação de polaridade (~50 ms) e estabilidade de massa (~0,1 Da/24 h). A fonte Turbo V e o guia de íons QJet proporcionam boa eficiência de ionização e robustez operacional.

Figura 8 - Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (Prominence UFLC) - HPLC e espectrômetro de massas triplo quadrupolo (LC-MS/MS) utilizado no desenvolvimento do método analítico de determinação do diclosulam + halauxifen-methyl



3.5 Análise estatística dos dados

Para a análise dos resultados das concentrações do diclosulam + halauxifen-methyl no solo ($\mu\text{g kg}^{-1}$) nos diferentes períodos e profundidade foi estabelecido o intervalo e confiança pelo teste t a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS

4.1 Efeito do herbicida no controle das daninhas em casa-de-vegetação

A eficácia do herbicida Paxeo® (diclosulam + halauxifen-methyl), aplicado na dose de 55 g/ha em pré-emergência, foi avaliada para o controle de *Bidens pilosa*, identificada na tabela como BIDPI, e *Ipomoea purpurea*, identificada como PHBPU. Os resultados da porcentagem de controle visual, avaliados em intervalos de 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação (DAA) estão apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Porcentagem de controle visual de *Bidens pilosa* em diferentes períodos após a aplicação (DAA) do herbicida Paxeo® (diclosulam + halauxifen-methyl) em condições com e sem palhada

Períodos (DAS)	Condição	7 DAA (%)	14 DAA (%)	21 DAA (%)	28 DAA (%)	35 DAA (%)	42 DAA (%)
7	Com palha	91	100	95	94	98	100
15	Com palha	95	100	99	99	98	100
30	Com palha	90	100	90	93	100	100
50	Com palha	94	100	94	96	100	100
7	Sem palha	100	100	100	100	100	100
15	Sem palha	100	100	100	100	100	100
30	Sem palha	100	100	100	100	100	100
50	Sem palha	100	99	97	98	100	100

Tabela 9 - Porcentagem de controle visual de *Ipomoea purpurea* em diferentes períodos após a aplicação (DAA) do herbicida Paxeo® (diclosulam + halauxifen-methyl) em condições com e sem palhada

Períodos (DAS)	Condição	7 DAA (%)	14 DAA (%)	21 DAA (%)	28 DAA (%)	35 DAA (%)	42 DAA (%)
7	Com palha	100	100	100	100	100	100
15	Com palha	100	100	100	100	100	100
30	Com palha	100	100	100	100	100	100
50	Com palha	100	100	99	99	100	100
7	Sem palha	100	100	100	100	100	100
15	Sem palha	100	100	100	100	100	100
30	Sem palha	100	100	100	100	100	100
50	Sem palha	100	100	99	99	99	100

Nas condições de solo sem palha, a mistura herbicida demonstrou eficácia máxima. Para *Bidens pilosa*, o controle foi de 100% em todas as avaliações (7 a 42 DAA) e em todos os períodos de aplicação (7, 15, 30 e 50 dias) antes da semeadura (DAS). Um desempenho similar foi observado para *Ipomoea purpurea*, que manteve um controle de 100% na maioria das avaliações, indicando uma suscetibilidade extremamente alta de ambas as espécies ao tratamento sem palha.

Quando o herbicida foi aplicado sobre a palha de milho, na quantidade de 4 t ha⁻¹, observou-se uma leve interferência na velocidade de controle inicial, primariamente em *Bidens pilosa*. Por exemplo, na aplicação realizada 7 DAS, o controle inicial aos 7 DAA foi de 91%, aumentando progressivamente até atingir 100% aos 42 DAA. Tendência semelhante ocorreu nas aplicações de 15 DAS (iniciando com 95%) e 30 DAS (iniciando com 90%). A palhada atua como uma barreira física que intercepta parte do herbicida, impedindo que ele atinja o solo imediatamente (Matos *et al.*, 2016). A eficácia de herbicidas pré-emergentes aplicados sobre a palha depende da sua transposição para o solo, geralmente promovida pela água da chuva ou irrigação (Ramos *et al.*, 2017). Como os vasos foram irrigados no dia seguinte à aplicação, é provável que a liberação do produto da palha para o solo tenha sido

gradual, explicando a necessidade de um período maior (28 a 42 DAA) para que o controle atingisse os níveis máximos de 100%.

O controle de *Ipomea purpurea* foi pouco afetado pela presença da palha, mantendo-se em 100% na maioria das avaliações, independentemente do período de aplicação. Isso sugere uma sensibilidade muito elevada desta espécie à mistura de diclosulam e halauxifen-methyl, onde mesmo uma concentração inicial ligeiramente menor do produto no solo, devido à interceptação pela palha, foi suficiente para inviabilizar sua emergência.

Um dos resultados do experimento é o amplo período de controle residual fornecido pela mistura de diclosulam + halauxifen-methyl. Mesmo quando aplicado com 50 dias de antecedência da semeadura, tanto na presença quanto na ausência de palha, o herbicida manteve níveis de controle acima de 93% para *Bidens pilosa* e 99% para *Ipomea purpurea*, já aos 7 DAA, atingindo 100% para ambas ao final dos 42 DAA. Isso demonstra que os ingredientes ativos permaneceram disponíveis e ativos na solução do solo por um longo período.

O diclosulam, um inibidor da ALS, é conhecido por sua persistência, que pode ser influenciada pela cobertura do solo. Estudos indicam que a presença de palha pode até aumentar a meia-vida de herbicidas como o diclosulam, protegendo-os da degradação e prolongando seu efeito residual de acordo com Patel *et al.* (2023), o que confirma os excelentes níveis de controle observados no tratamento de 50 DAS. A combinação de dois mecanismos de ação distintos, a inibição da ALS (diclosulam) e a mimetização da auxina (halauxifen-methyl), confere à mistura um controle robusto de amplo espectro, sendo uma ferramenta estratégica para o manejo em pré-emergência no sistema de plantio direto.

A eficácia observada nas avaliações visuais foi categoricamente confirmada pelos dados de massa seca das plantas daninhas, coletados ao final do período experimental (42 DAA). Nos tratamentos testemunha, onde não houve aplicação de herbicida, o acúmulo de biomassa foi significativo, validando a pressão de infestação do experimento. A *Bidens pilosa* produziu 0,53 g na condição com palha e 0,33 g na condição sem palha. De forma similar, a *Ipomea purpurea* acumulou 0,45 g com palha e 0,55 g sem palha.

Por outro lado, em todos os tratamentos que receberam a aplicação de diclosulam + halauxifen-methyl (55 g/ha), a massa seca de ambas as espécies foi nula. Este resultado é de extrema importância, pois demonstra que,

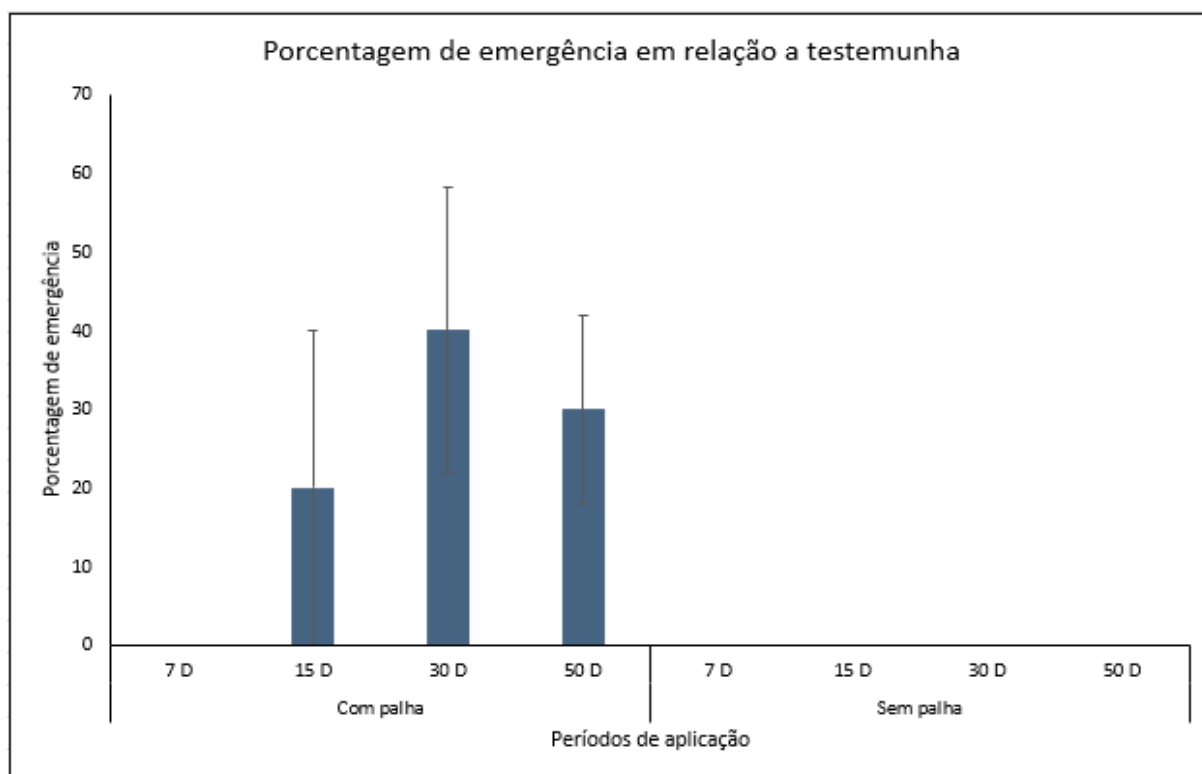
independentemente da presença de palha ou do período de aplicação, a eficácia do herbicida foi muito satisfatória. Mesmo nos tratamentos sobre a palha onde o controle visual inicial foi ligeiramente mais lento, o efeito residual do produto foi suficiente para impedir completamente o estabelecimento das plantas daninhas, culminando na ausência total de massa seca ao final das avaliações. Isso reforça que o herbicida foi capaz de transpor a palha em quantidade suficiente para exercer controle total, garantindo que as plantas daninhas não desenvolvessem biomassa que pudesse competir com a cultura de interesse.

4.2 Efeito do herbicida na seletividade da soja em casa-de-vegetação

Os tratamentos aplicados resultaram em efeito inibitório quanto à emergência da soja, havendo baixa emergência das plantas de soja. Apesar disso, não foram observados fitotoxicidade visual nas plantas emergidas. Portanto, os dados de fitotoxicidade não foram apresentados.

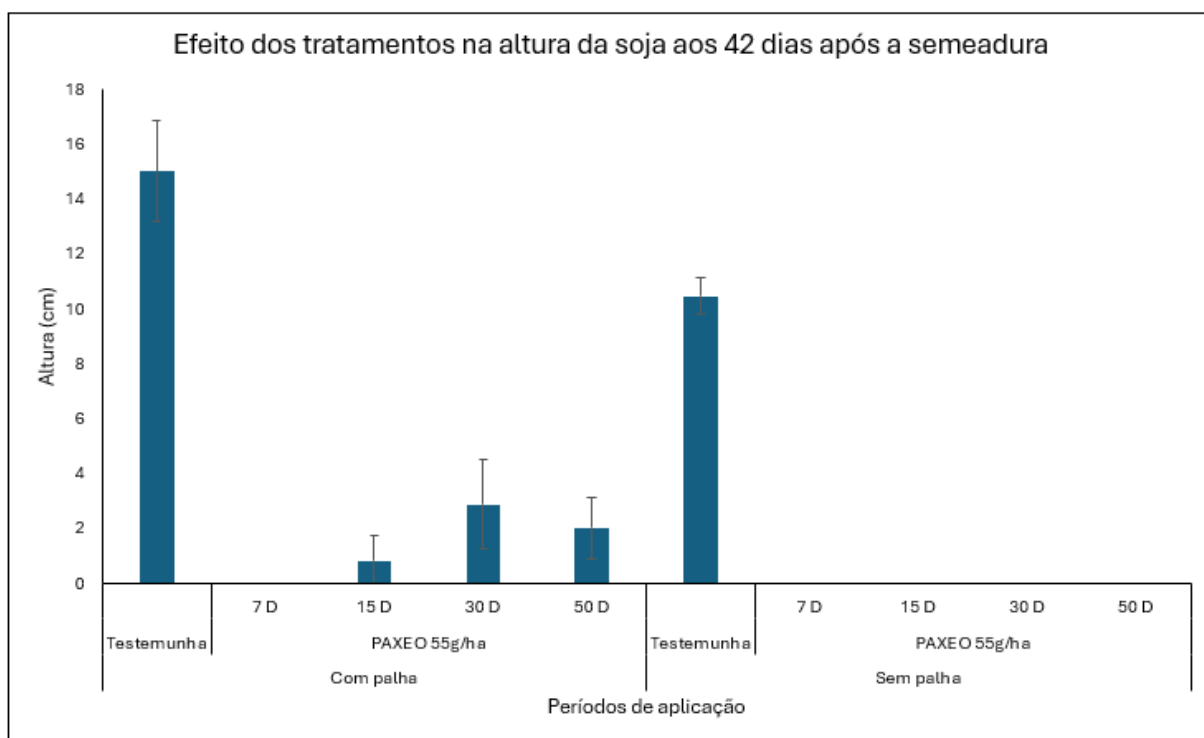
O efeito dos tratamentos na emergência da soja em diferentes condições estão apresentados na Figura 9. Na ausência de palha, e independentemente do período de aplicação (7 a 50 DAS), a emergência da soja foi nula. Este resultado demonstra um potencial de injúria extremo quando a semente é semeada em solo descoberto, contendo resíduos do herbicida em doses elevadas ou com curto intervalo de tempo. Já na condição de solo com palha, houve emergência muito baixa, com 20% para a aplicação aos 15 DAS, 40% aos 30 DAS e 30% aos 50 DAS. A emergência nula na aplicação de 7 DAS deve estar relacionada à maior concentração do produto na camada superficial do solo, em função do menor tempo para lixiviação ou degradação em comparação com os períodos de 15, 30 e 50 DAS. O fato de a palha ter permitido alguma emergência nos intervalos maiores indica que ela atuou como uma barreira física, interceptando parte do diclosulam + halauxifen-methyl e reduzindo a quantidade de ingrediente ativo que atingiu a semente no solo, resultando em uma proteção parcial à semente.

Figura 9 - Porcentagem de emergência da soja (variedade Brevant B5595CE) em relação à testemunha (100%), em diferentes períodos de aplicação do Paxeo® (diclosulam + halauxifen-methyl) dias antes da semeadura (DAS), nas condições com e sem palha. As barras verticais representam o intervalo de confiança a 0,05 de probabilidade



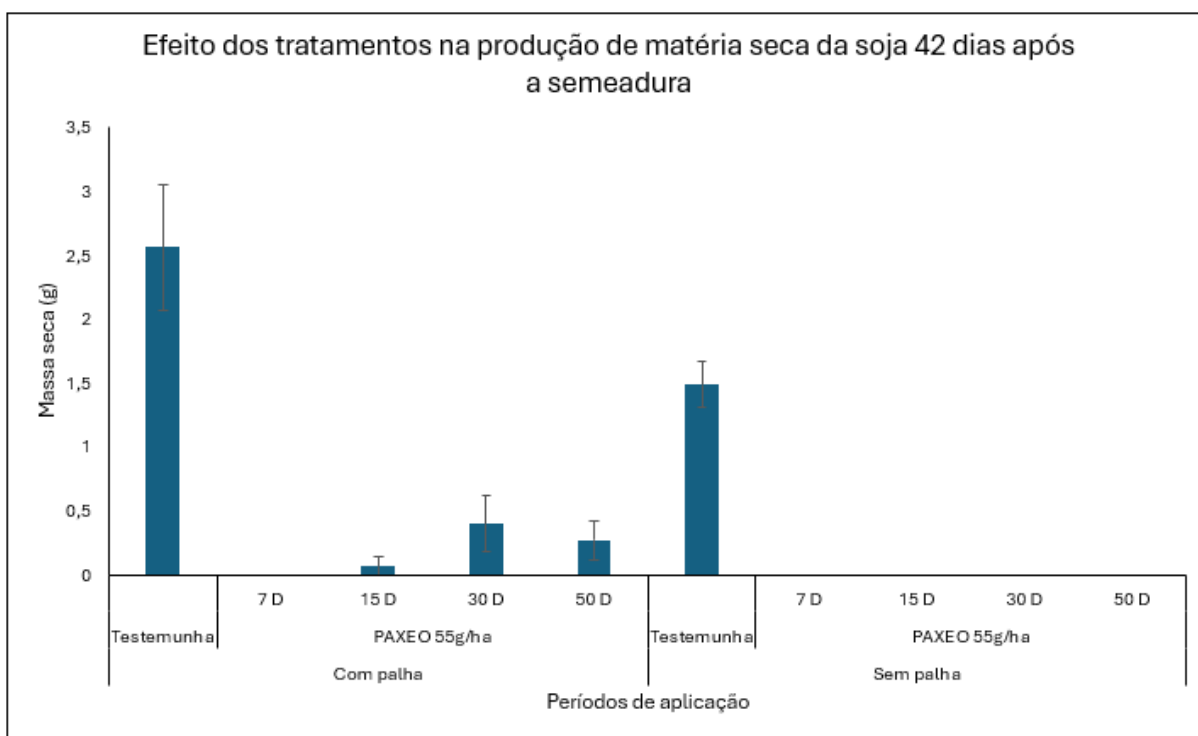
As consequências da emergência reduzida se refletiram diretamente no desenvolvimento da cultura, reduzindo a altura de plantas (Figura 10). A altura da soja foi drasticamente impactada pelo Paxeo® em comparação com as testemunhas, que apresentaram 15 cm de altura (com palha) e 10,5 cm (sem palha). A altura máxima atingida foi de aproximadamente 3 cm aos (30 DAS), indicando que, embora as plantas tenham emergido, a absorção dos resíduos do herbicida foi suficiente para limitar drasticamente seu crescimento.

Figura 10 - Efeito dos tratamentos na altura da soja (cm), em diferentes períodos de aplicação do Paxeo® (diclosulam + halauxifen-methyl) dias antes da semeadura (DAS), nas condições com e sem palha. As barras verticais representam o desvio padrão (ou erro padrão/intervalo de confiança, conforme a metodologia estatística utilizada)



Nos tratamentos em que a emergência foi nula (7 DAS em ambas as condições, e todos os períodos na condição sem palha), a massa seca da soja também foram nulas (Figura 11). Nos tratamentos com palha onde houve alguma emergência (15, 30 e 50 DAS), a massa seca máxima não ultrapassou 0,4 g, indicando que, embora as plantas tenham emergidas, a absorção dos resíduos do herbicida foi suficiente para limitar drasticamente seu crescimento e acúmulo de biomassa, o desenvolvimento das poucas plantas emergidas foi severamente comprometido.

Figura 11 - Efeito dos tratamentos na produção de massa seca da soja (g), em diferentes períodos de aplicação do Paxeo® (diclosulam + halauxifen-methyl) dias antes da semeadura (DAS), nas condições com e sem palha. As barras verticais representam o desvio padrão (ou intervalo de confiança, conforme a metodologia estatística)

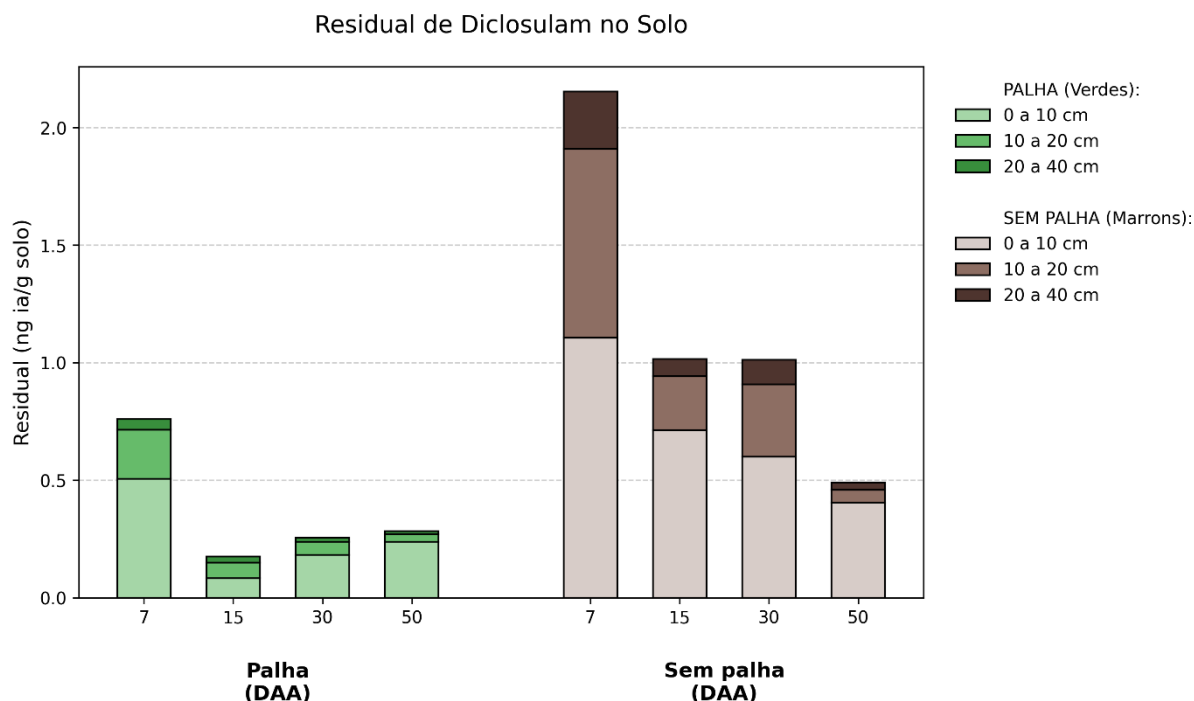


4.3 Efeito residual do diclosulam + halauxifen-methyl no campo

As análises foram realizadas em um ensaio de campo, com amostragens em três profundidades (0–10, 10–20 e 20–40 cm) e em diferentes períodos após a aplicação, 7, 15, 30 e 50 dias antes da semeadura (DAS), em condições com e sem palha.

A quantificação do diclosulam demonstrou que a presença de palha influenciou significativamente a concentração e a distribuição vertical do herbicida no solo. Na condição sem palha, a concentração de diclosulam foi notavelmente mais alta (Figura 12), especialmente aos 7 DAS, atingindo um pico de aproximadamente 1,1 ng ia/g solo na camada superficial (0–10 cm). Esse valor é cerca de duas vezes maior que o encontrado na condição com palha, que foi de aproximadamente 0,5 ng ia/g solo aos 7 DAS.

Figura 12 - Concentração residual de diclosulam (ng ia/g solo) em diferentes profundidades de solo (0–10, 10–20 e 20–40 cm) e períodos de amostragem (dias após aplicação - DAA), nas condições com e sem palhada

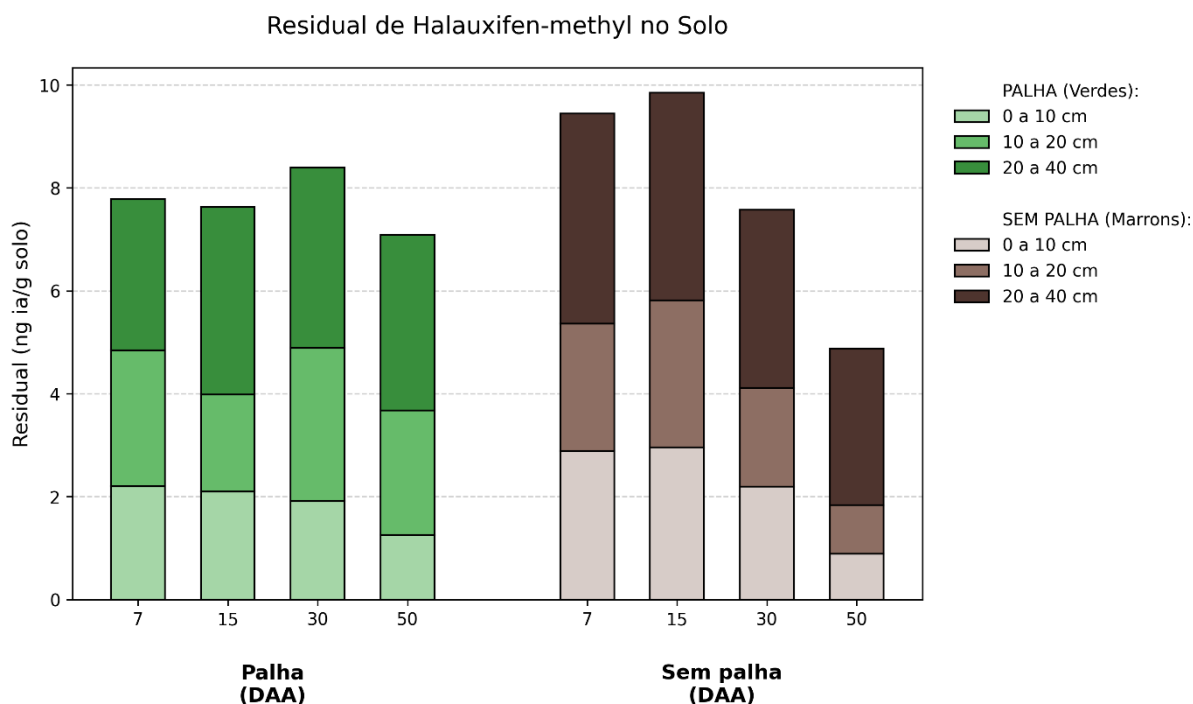


O diclosulam apresentou uma dissipação relativamente rápida, com a concentração decaindo significativamente após 7 DAS em ambas as condições. Contudo, na ausência de palha, o herbicida penetrou mais rapidamente nas camadas mais profundas (10–20 cm e 20–40 cm) nos períodos de 15 a 30 DAS, indicando uma maior lixiviação, coerente com as características do solo arenoso e a precipitação registrada. Na condição com palha, a palha agiu como uma barreira protetora, reduzindo a concentração inicial na superfície e, posteriormente, a sua penetração no perfil do solo. No entanto, mesmo com o decaimento, a presença de diclosulam foi detectada nas amostras de 50 DAS (principalmente na camada 0–10 cm da condição com palha), validando o seu potencial residual observado no controle total das plantas daninhas.

O comportamento do halauxifen-methyl foi distinto. Suas concentrações foram, em média, três a quatro vezes maiores que as do diclosulam. O halauxifen-methyl demonstrou menor variação de concentração em função da presença ou ausência da palha e do período pós-aplicação. As concentrações na camada 0–10 cm se mantiveram elevadas em todos os períodos e condições, variando principalmente entre 2,5 ng ia/g solo e 4,5 ng ia/g solo (Figura 13). Isso sugere que o halauxifen-

methyl pode ter uma maior afinidade com a fase sólida do solo, ou uma degradação mais lenta, mantendo-se mais estável e disponível por um período prolongado.

Figura 13 - Concentração residual de halauxifen-methyl (ng ia/g solo) em diferentes profundidades de solo (0–10, 10–20 e 20–40 cm) e períodos de amostragem (dias após aplicação - DAA), nas condições com e sem palhada



Nas avaliações realizadas ao observar o efeito de fitotoxicidade na soja, no ensaio de campo, os resultados indicaram uma fitotoxicidade nula, além de uma baixa eficácia no controle de plantas daninhas. Embora a quantificação laboratorial tenha confirmado a persistência dos ativos (diclosulam e halauxifen-methyl) no solo, o insucesso do controle sugere que a concentração bioativa do herbicida na camada superficial não foi suficiente para a ação herbicida.

A hipótese para essa divergência é a alta mobilidade dos ativos no Neossolo Quartzarênico, de baixa capacidade de adsorção. O volume de precipitação registrado após a aplicação (conforme Figura 5, referindo-se aos dados climáticos) provavelmente resultou em lixiviação acelerada do herbicida. Essa lixiviação moveu o ingrediente ativo para profundidades maiores que a zona de germinação e desenvolvimento inicial das plantas daninhas superficiais.

Por outro lado, o rápido deslocamento do herbicida para camadas mais profundas, induzido pelo regime de chuvas, pode ter sido o fator mitigador da fitotoxicidade na soja.

5 DISCUSSÃO

A aplicação da mistura diclosulam + halauxifen-methyl logo após a colheita do milho configura-se como uma estratégia de manejo de entressafra altamente eficaz, visando o controle de plantas daninhas remanescentes e a prevenção de novos fluxos de emergência. O controle total (100%) de *Bidens pilosa* e *Ipomoea purpurea* por até 50 dias antes da semeadura (DAS) em casa de vegetação evidencia o elevado potencial residual dessa mistura. Este resultado é estratégico para o manejo de pós-colheita do milho, permitindo o estabelecimento do conceito de plantio no limpo ao suprimir fluxos de emergência precoces e mitigar o banco de sementes no solo. Dessa forma, assegura-se que a semeadura da soja ocorra com o campo totalmente livre de plantas daninhas, eliminando a competição inicial por recursos e garantindo um estabelecimento uniforme da cultura. A performance foi potencializada em solo descoberto, enquanto a palha de milho (4 t ha^{-1}) atuou como barreira física inicial, retardando o controle, mas sem comprometer a eficácia final após a transposição hídrica. Contudo, essa persistência prolongada define o limite da seletividade para a soja neste ambiente controlado. A emergência nula (0%) observada até os 50 DAS revela que a permanência dos ativos na zona de germinação é letal à cultura. Em solos de textura arenosa, a baixa capacidade de adsorção do Neossolo Quartzarênico mantém o herbicida altamente biodisponível, o que inviabilizou o desenvolvimento inicial das plantas, mesmo com o efeito mitigador parcial da palha.

Por outro lado, o ensaio de campo apresentou um cenário distinto, com fitotoxicidade nula na soja e baixa eficácia no controle das plantas daninhas. Os dados laboratoriais confirmaram que, embora o halauxifen-methyl tenha mantido concentrações três a quatro vezes superiores às do diclosulam nas camadas superficiais (0-10 cm), o volume de chuva promoveu uma lixiviação acelerada para profundidades maiores do que a zona de germinação. Esse deslocamento vertical transportou a concentração letal para camadas subsuperficiais, o que resultou na perda de controle das plantas daninhas superficiais. No entanto, esse mesmo processo atuou como um fator mitigador para a soja, conferindo-lhe uma seletividade por "escape". Como o halauxifen-methyl é um mimetizador de auxina ativo em doses ínfimas, sua movimentação no perfil do solo foi o fator determinante para a sobrevivência da cultura em campo.

Dessa forma, a análise isolada dos ambientes revela que o Paxeo® oferece um manejo preventivo robusto devido à sua estabilidade química, mas sua aplicação em solos arenosos exige um planejamento rigoroso. Na ausência de lixiviação profunda (como na casa de vegetação), o risco de *carryover* é extremo aos 50 DAS; já sob alta pluviosidade (como no campo), o risco migra para a perda de eficácia biológica. Portanto, o sucesso da tecnologia em pré-semeadeira depende da interação entre o intervalo de segurança cronológico, a dinâmica de lixiviação dos ativos no perfil do solo e o regime hídrico regional.

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que foram conduzidos os experimentos pode-se concluir que:

A mistura formulada de halauxifen-methyl e diclosulam (55 g/ha) configura-se como uma tecnologia de elevada eficácia no controle residual de *Bidens pilosa* e *Ipomoea purpurea*, mantendo níveis totais de controle por até 50 dias antes da semeadura (DAS), independentemente da presença de cobertura vegetal. Observou-se que a palhada de milho (4 t ha⁻¹) atua como uma barreira física temporária que retarda a chegada do diclosulam ao solo e a velocidade inicial de controle, porém sem comprometer a performance final do herbicida após a ocorrência de precipitações. No que tange à dinâmica ambiental, a alta persistência dos ativos no perfil do solo, confirmada por análises laboratoriais que demonstraram concentrações de halauxifen-methyl 3 a 4 vezes superiores às do diclosulam, resulta em uma baixa seletividade para a cultura da soja em solos de textura arenosa.

Essa vulnerabilidade é acentuada pela baixa capacidade de adsorção do Neossolo Quartzarênico, que mantém os ativos biodisponíveis na solução do solo em níveis letais para a semente, provocando a inibição completa da emergência da soja em períodos inferiores a 50 DAS. Por outro lado, a divergência observada entre os ambientes demonstra que a alta mobilidade dessas moléculas no solo pode levar à lixiviação acelerada sob condições de alta precipitação pluvial, como verificado em campo. Embora esse deslocamento para camadas mais profundas atue como um fator mitigador inesperado da fitotoxicidade na soja, ele compromete drasticamente a eficácia no controle das plantas daninhas na camada superficial. Portanto, sob tais condições edafoclimáticas, o herbicida apresenta riscos significativos de *carryover*, evidenciando que o intervalo de segurança para a semeadura da soja deve ser obrigatoriamente superior a 50 dias para evitar reduções drásticas no estande e no acúmulo de biomassa da cultura.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S. et al. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Circular Técnica – Embrapa, ISSN 2176-2864, 2017.
- AGROLINK. Corteva Agriscience lança Paxeo®. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/corteva-lanca-paxeo-_464477.html. Acesso em: 28 jul. 2025.
- AGROLINK. Produtores terão alternativa para controle de plantas daninhas. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/produtores-terao-alternativa-para-controle-de-plantas-daninhas_464591.html. Acesso em: 29 jul. 2025.
- AGROLINK. Produto: Paxeo®. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/paxeo_11654.html. Acesso em: 29 jul. 2025.
- ALBRECHT, A. J. P. et al. Atenção às dessecações e semseadura da soja. **Revista Campo & Negócios**, [s.v]: p. 18-19, 2019.
- ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GIROTTO, M. Efeito da palha de cana-de-açúcar sobre a eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 240–248, 2015.
- ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C. Performance of herbicides in sugarcane straw. **Ciência Rural**, v. 45, p. 2106-2112, 2015.
- BECKIE, H. Herbicide Resistance in Plants. **Plants**, v. 9, n. 435, p. 1-4, 2020.
- BERTIOL, R. A. B. et al. Efeitos da aplicação de boro via solo e foliar na qualidade da sememente de amendoim. In: SOUTH AMERICAN SCIENCES, 1., 2020, Ariquemes. **Anais...** Ariquemes: South American Sciences. p. 111.
- CARBONARI, C. A. **Dinâmica e degradação em palha e solo e eficácia dos herbicidas indaziflam, isoxaflutole e metribuzin no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. 2017. 199p. Tese (Livre-Docência em Matologia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2017.
- CARBONARI, C. A. Dinâmica de herbicidas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 215–226, 2017.
- CARATTI, F. C. et al. Desempenho de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-arroz e nabo na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.
- CARDOSO, L. R. et al. Dinâmica do banco de semementes de *Ipomoea purpurea* em sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 185-194, 2018.
- CARVALHO, S. J. P. et al. Resistência de *Ipomoea purpurea* ao herbicida glyphosate em sistemas de plantio direto. **Weed Science**, v. 63, p. 723-731, 2015.

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas trepadeiras em sistemas agrícolas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 457-466, 2008.

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 457-466, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507-515, 2003.

CONAB. Safra de grãos está estimada em 332,9 milhões de toneladas, influenciada por boa produção de soja, milho e arroz. Disponível em: <[CORREIA, N. M. A dinâmica dos herbicidas no ambiente e a sustentabilidade agrícola. In: LOPES, C. A.; PEDROSO, M. T. M. \(Eds.\). **Sustentabilidade e horticultura no Brasil**. 1. ed. Brasília – DF: Embrapa, 2017. p. 317-340.](https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/safra-de-graos-esta-estimada-em-332-9-milhoes-de-toneladas-influenciada-por-boua-producao-de-soja-milho-e-arroz#:~:text=Os%20dados%20est%C3%A3o%20no%208%C2%BA,gr%C3%A3o%20na%20hist%C3%B3ria%20do%20pa%C3%ADs.>https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/safra-de-graos-esta-estimada-em-332-9-milhoes-de-toneladas-influenciada-por-boua-producao-de-soja-milho-e-arroz#:~:text=Os%20dados%20est%C3%A3o%20no%208%C2%BA,gr%C3%A3o%20na%20hist%C3%B3ria%20do%20pa%C3%ADs.>. Acesso em: 28 jul. 2025.</p>
</div>
<div data-bbox=)

CORREIA, N. M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018. 28 p.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODRIGUES-COSTA, A. C. Herbicidas aplicados em pré-emergência: comportamento na palha e no solo. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 831-839, 2014.

FERREIRA, E. A. et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do milho submetida à aplicação de doses de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 2, p. 109-116, 2019.

GAINES, T. A. et al. Mechanisms of evolved herbicide resistance. **Journal of Biological Chemistry**, v. 295, n. 30, p. 10307-10330, 2020.

HAO, J. H. et al. Reproductive traits associated with invasiveness in *Conyza sumatrensis*. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 47, p. 245-254, 2009.

HEAP, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Disponível em: <https://www.weedscience.org>. Acesso em: 13 out. 2025.

HRAC BRASIL. Casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Disponível em: <https://www.hrac-br.org>. Acesso em: 13 out. 2025.

HRAC-BR – Comitê de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. Tipos de resistência aos herbicidas. Disponível em: <https://www.hrac-br.org/post/tipos-de-resist%C3%Aancia-aos-herbicidas>. Acesso em: 20 ago. 2025.

IASSECKI, C. et al. Glyphosate applied at the early reproductive stage impairs seed production of glyphosate-resistant hairy fleabane. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1-10, 2019.

- INOUE, M. H.; MARCHIORI JR, O.; CONSTANTIN, J. Dinâmica de herbicidas no ambiente. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p. 189–214.
- JÚNIOR, D. L. T. et al. Ocorrência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi sob quatro manejos na Amazônia Ocidental. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 427-435, 2020.
- KASPARY, T. E. et al. Growth, phenology, and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane. **Bragantia**, v. 76, p. 92-101, 2017.
- KASPARY, T. E. et al. Management of glyphosate-resistant hairy fleabane and contribution of the physiological potential of seeds to resistance. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 68-79, 2021.
- KOSKINEN, W. C.; HARPER, S. S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H. H. (Ed.). **Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p. 51–77.
- LORENZETTI, J. B. et al. Identification, mapping, and chemical control of fleabane resistant to glyphosate, chlorimuron, paraquat, and 2, 4-D. **Weed Technology**, v. 38, p. 27, 2024.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 8. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2021.
- LOURA, D.; FLORENTINE, S.; CHAUHAN, B. S. Germination ecology of hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) and its implications for weed management. **Weed Science**, v. 68, n. 4, p. 411-417, 2020.
- LOCKE, M. A.; BRYSON, C. T. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, v. 45, p. 307-320, 1997.
- MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, p. 471-481, 2005.
- MAIS AGRO. SYNGENTA. Herbicidas seletivos e não seletivos: entenda o que significa. Disponível em: <https://maisagro.syngenta.com.br/tudo-sobre-agro/herbicidas-seletivos-e-nao-seletivos-entenda-o-que-significa/>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- MANCUSO, M. A. C. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.
- MARBLE, S. C. Herbicide and mulch interactions: A review of the literature and implications for the landscape industry. **Weed Technology**, v. 29, p. 341-349, 2015.
- MARKUS, C. et al. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (Eds.). **Matologia: estudo sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica de Palavras, 2021. p. 324-364.

MATOS, A. K. A. et al. Dynamics of preemergent herbicides in production systems with straw. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 97-106, 2016.

MEDEIROS, F. H. V.; BAVIA, G. P.; SEIXAS, CDS. Manejo de doenças fúngicas radiculares da soja. **Bioinsumos da soja**. p. 297-313, 2022.

MELO, C. A. D. et al. Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 835-842, 2010.

MUELLER, C. T. et al. Dissipation of Fomesafen, Saflufenacil, Sulfentrazone, and Flumioxazin from a Tennessee Soil under Field Conditions. **Weed Science**, v. 62, n. 4, p. 664-671, 2014.

MUELLER, T. C. et al. Weed resistance management: recent developments and future needs. **Weed Science**, v. 68, p. 236–247, 2020.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 22. ed. Curitiba: Omnipax Editora Ltda, 2011. p. 263-304.

PATEL, F. et al. The straw presence preceding soybean crop increases the persistence of residual herbicides. **Advances in Weed Science**, v. 41, e020200051, 2023.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Palha e o uso de herbicidas em plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 695–707, 2008.

QUEIROZ, A. R. et al. Rapid necrosis: a novel plant resistance mechanism to 2,4-D. **Weed Science**, v. 68, n. 1, p. 6-18, 2020.

RAMOS, H. H. et al. Transposição de herbicidas pré-emergentes na palha de milho e *Urochloa ruziziensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 305-314, 2017.

REVISTA CULTIVAR. Corteva Agriscience lança herbicida Paxeo® com molécula para controle de plantas daninhas na soja. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/corteva-agriscience-lanca-herbicida-paxeo-com-molecula-para-controle-de-plantas-daninhas-na-soja>. Acesso em: 28 jul. 2025.

RIECHERS, D. E.; KREUZ, K.; ZHANG, Q. Detoxification without Intoxication: Herbicide Safeners Activate Plant Defense Gene Expression. **Plant Physiology**, v. 153, p. 3-13, 2010.

RIZZARDI, M. A. et al. Competitive analysis of soybean and sudangrass using replacement series design. **Revista Ceres**, v. 63, p. 668-675, 2016.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2018. 764 p.

RUDELL, E. et al. Integrated weed management strategies in a long-term crop rotation system. **Advances in Weed Science**, v. 41, e020220053, 2023.

SANTOS, G. et al. Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to chlorimuron-ethyl and to glyphosate. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 409-416, 2014.

SILVA, A. A. et al. Dinâmica de herbicidas no ambiente. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2018. p. 119-170.

SILVA, Ana Caroline Augusta da. **Alternativas para o controle químico de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas nas culturas de soja, milho e algodão**. 2020. 119 f. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020a.

SILVA, Caroline Rosa et al. Sistemas de respostas antioxidantes ao estresse gerado por Heat em linhagem bacteriana de solo agrícola independente de pressão seletiva prévia por esse herbicida. [S.l.: s.n.], 2021.

SILVA, Douglas Arturo Iaconi da. **Avaliação de diferentes doses de smetolacoloro na cultura da soja**. 2020.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. (Documentos, 120).

VELINI, E. D. et al. Inovações no Manejo de Plantas Daninhas na Cultura da Cana-de-Açúcar. In: BALDIN, E. L. L.; KRONKA, A. Z.; FUJIHARA, R. T. (Eds.). **Proteção Vegetal**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2015. p. 22-44.

VOLF, Marcelo Raphael et al. Controle de *Murdannia nudiflora* em pós-colheita da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 11-19, 2017.

WALSH, K. D. et al. Biologically effective rate of sulfentrazone applied pre-emergence in soybean. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 95, n. 2, p. 339-344, 2014.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide Handbook**. WSSA (Lawrence). Edição 10, 2014. 152 p.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide Handbook**. WSSA (Lawrence). Edição 10, 2014. 244 p.

YANG, Q. et al. Target-site and non-targetsite based resistance to the herbicide tribenuronmethyl in flaxweed (*Descurainia sophia* L.). **BioMed Central Genomics**, v. 17, p. 1-13, 2016.

YU, Q.; POWELES, S. Metabolism-Based Herbicide Resistance and CrossResistance in Crop Weeds: A Threat to Herbicide Sustainability and Global Crop Production. **Plant Physiology**, v. 166, p. 1106-1118, 2014.