



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

RAFAEL BERTA

**EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO  
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA**

---

Londrina

2024

RAFAEL BERTA

**EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO  
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Giliardi Dalazen

Londrina  
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de  
Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Berta, Rafael.

Eficiência e seletividade de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas na cultura da soja / Rafael Berta. - Londrina, 2024. 61 f.

Orientador: Giliardi Dalazen. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024. Inclui bibliografia.

1. Soja - Tese. 2. Pré-emergentes - Tese. 3. Plantas daninhas - Tese. I. Dalazen, Giliardi. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

RAFAEL BERTA

**EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO  
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

---

Prof. Dr. Giliardi Dalazen

Universidade Estadual de Londrina -  
UEL

---

Prof. Dr. Claudemir Zucareli

Universidade Estadual de Londrina -  
UEL

---

Dra. Neriane Hijano

Universidade Estadual de Londrina -  
UEL

Londrina, 30 de Agosto de 2024.

## RESUMO

BERTA, Rafael. **Eficiência e seletividade de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas na cultura da soja**. 2024. 60f. Dissertação apresentada como requisito para a conclusão de curso (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

Populações de plantas daninhas resistentes e com alta capacidade de adaptação ao sistema produtivo, somadas à falta de opções para controle em pós-emergência na cultura da soja trazem impacto severo na rentabilidade das lavouras de soja. Dessa forma, torna-se necessária a adoção de outras medidas de controle, tais como a utilização de herbicidas pré-emergentes, que sejam eficazes e seletivos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência e a seletividade de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. Os experimentos foram conduzidos a campo em duas localidades (Cambé e Medianeira, PR), nas safras 2022/23 e 2023/24, em delineamento de blocos casualizados, composto por nove tratamentos com cinco repetições. Foram avaliados sete tratamentos com herbicidas pré-emergentes (diclosulan, sulfentrazone + diuron, pyroxasulfona + flumioxazina, imazetapir + flumioxazina, s-metolaclo + fomesafen, sulfentrazone + imazetapir e flumioxazina + s-metolaclo), além de um tratamento testemunha sem capina e uma testemunha capinada. O experimento foi conduzido em áreas com infestação natural de plantas daninhas, com predomínio de *Raphanus raphanistrum*, *Amaranthus hybridus*, *Eleusine indica* e *Digitaria insularis*. Foram realizadas avaliações de controle pré-emergente aos 14 e 28 dias após a emergência da soja (DAE) por meio da contagem de plantas daninhas em dois pontos por parcela (50 x 50 cm) e uma avaliação visual na pré-colheita, considerando toda a área útil da parcela. Além do controle foi avaliada a seletividade dos herbicidas sobre a cultura da soja, cultivar 6410 IPRO. No final do ciclo da cultura foi avaliada a produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$ ), onde foi visto significância as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A fitotoxicidade decorrente das aplicações de herbicidas na cultura da soja pela aplicação dos tratamentos não interferiu na produtividade de grãos. Todos os tratamentos foram eficientes na supressão da densidade de plantas daninhas até a pré-colheita da cultura da soja, com diferenças entre espécies.

**Palavras-chave:** Glycine Max; Caruru; Capim-pé-de-galinha; Interferência; Resistência.

## ABSTRACT

BERTA, Rafael. **Efficacy and selectivity of pre-emergents in the control of weeds in soybean**. 2023. 60f. Dissertation Project (Masters in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2023.

Resistant weeds populations, combined with the high capacity to adapt to the production system and the lack of options for post-emergence control in soybean crops, have a severe impact on the profitability of soybean crops. Therefore, it is necessary to adopt other control measures, such as the use of pre-emergent herbicides, which are effective and selective. The objective of this work was to evaluate the efficiency and selectivity of pre-emergents herbicides in controlling weeds in soybean crops. The experiment was conducted at field level in two locations (Cambé and Medianeira, both in the state of Paraná) in a randomized block design, consisting of nine treatments with five replications. Seven pre-emergents herbicides were evaluated (diclosulan, sulfentrazone + diuron, pyroxasulfone + flumioxazine, imazethapyr + flumioxazine, s-metolachlor + fomesafen, sulfentrazone + imazethapyr and flumioxazine + s-metolachlor), in addition to a control treatment without weeding and a control weeding. The experiment was conducted in areas with natural weed infestation, with presence of *Raphanus Raphanistrus* and some species with glyphosate-resistant such as *Amaranthus hybridus*, *Eleusine indica* and *Digitaria insularis*. Pre-emergence control assessments were carried out at 14 and 28 days after soybean emergence (DAE) by counting weeds at two points per plot (50 x 50 cm) and a visual assessment at pre-harvest, considering all the usable area of the plot. In addition to control, the selectivity of herbicides on the soybean crop, cultivar 6410 IPRO, was evaluated. At the end of the soybean cycle, grain productivity was evaluated. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) ( $p < 0.05$ ), where significance was seen and the means were compared using the Tukey ( $p < 0.05$ ). The phytotoxicity resulting from the applications of herbicides in soybean crops through the application of treatments did not interfere with its final productivity. All treatments were efficient in suppressing weed density until pre-harvest of the soybean crop, with differences between species.

**Keywords:** Glycine Max; Pigweed; *Eleusine indica*; Interference; Resistance.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Localização geográfica das lavouras onde foram conduzidos os experimentos de eficiência e seletividade de pré-emergentes .....	29
<b>Tabela 2</b> - Características físicas e químicas de amostras de solo usadas nos dois experimentos.....	29
<b>Tabela 3</b> – Relação dos tratamentos com herbicidas pré-emergentes na cultura da soja .....	31
<b>Tabela 4</b> – Escala de fitotoxicidade segundo Frans et al. (1986) .....	32
<b>Tabela 5</b> – Avaliação visual da fitotoxicidade à cultura da soja em decorrência da aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 7, 14 e 28 dias após a emergência (DAE) da cultura ao longo de dois anos de ensaio. Cambé-PR .....	34
<b>Tabela 6</b> – Avaliação visual da fitotoxicidade à cultura da soja em decorrência da aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 7, 14, e 28 dias após a emergência (DAE). Medianeira - PR .....	35
<b>Tabela 7</b> – Altura relativa de plantas de milho voluntário em lavoura de soja em decorrência da aplicação de herbicidas pré-emergentes.....	37
<b>Tabela 8</b> – Densidade populacional de plantas daninhas (plantas m <sup>-2</sup> ) aos 14, 28 DAA de herbicidas pré-emergentes e em pré-colheita da cultura da soja no município de Cambé.....	39
<b>Tabela 9</b> – Densidade populacional de plantas daninhas (plantas m <sup>-2</sup> ) aos 14, 28 DAA da cultura da soja no município de Medianeira.....	40
<b>Tabela 10</b> – Densidade populacional de plantas daninhas (plantas m <sup>-2</sup> ) aos 14, 28 DAA de herbicidas pré-emergentes e em pré-colheita da cultura da soja no município de Cambé.....	43
<b>Tabela 11</b> – Controle de plantas daninhas em pré-colheita da cultura da soja submetida a diferentes tratamentos de herbicidas pré-emergentes .....	44
<b>Tabela 12</b> – Produtividade da cultura da soja (kg.ha <sup>-1</sup> ) .....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACCase	Inibidores da Acetil-CoA Carboxilase
ALS	Inibidores da Acetolactato Sintase
ANOVA	Análise de Variância
CFa	Clima Subtropical Úmido
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAA	Dias Após Aplicação
DAE	Dias Após Emergência
EPSPS	Inibidores da 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDR	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
MIPD	Manejo Integrado de Plantas Daninhas
ONU	Organização das Nações Unidas
PAI	Período Anterior a Interferência
PPO	Inibidores da Protoporfirinogênio Oxidase
FSII	Inibidores do FOTOSISTEMA II
UEL	Universidade Estadual de Londrina
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
VLCA	Inibidores da Elongação de Ácidos Graxos de Cadeia Longa

## SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 Importância da cultura da soja .....	13
2.2 A competição de plantas cultivadas com as daninhas.....	15
2.3 Plantas daninhas que competem com a cultura da soja.....	17
2.3.1 <i>Amaranthus</i> sp. ....	17
2.3.2 <i>Bidens</i> sp.....	18
2.3.3 <i>Eleusine indica</i> .....	19
2.3.4 <i>Raphanus</i> sp. ....	20
2.4 Controle de plantas daninhas na soja e a evolução de biótipos resistentes .....	21
2.5 Herbicidas pré-emergentes.....	23
2.5.1 Inibidores da acetolactato sintase (ALS) .....	25
2.5.2 Inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) .....	26
2.5.3 Inibidores do fotossistema II (FSII).....	27
2.5.4 Inibidores da elongação de ácidos graxos de cadeia muito longa (AGCML).....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5. CONCLUSÕES .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das principais *commodities* produzidas no Brasil, sendo este o maior exportador mundial do grão (CONAB, 2024). Na safra 2023/2024 foram colhidas 152 milhões de toneladas do produto, produzidos em 44 milhões de hectares. O Mato Grosso é estado com maior produção no Brasil, com participação de 28% da produção total (IBGE, 2024).

Neste cenário, o estado do Paraná é o segundo maior produtor nacional, concentrando 14,77% do total produzido no país. A soja é o principal produto agrícola do Paraná e tem um papel importante na economia do estado. Em 2022, a oleaginosa representou 24,9% do valor total da produção agropecuária, e em 2021, a sua participação no valor bruto da produção estadual foi de aproximadamente 23% (SEAB, 2024).

Apesar do volume produzido, a produtividade das áreas é limitada por uma série de fatores de podem ter origem abiótica e biótica. As variações nas condições edafoclimáticas das regiões sojícolas podem incorrer em estresses abióticos (ex.: estresses hídricos e elevação de temperatura), enquanto as variações decorrentes da presença de plantas daninhas, insetos e doenças são caracterizadas como estresses bióticos. Dito de outra forma, o rendimento da cultura é impactado tanto por estresses bióticos quanto por estresses abióticos, que podem gerar perdas produtivas significativas (HIRAKURI, 2021)

Dentre os fatores bióticos, a incidência de plantas daninhas é indesejada principalmente porque estas competem com a cultura por recursos, como água, luz e nutrientes, essenciais para seu crescimento e desenvolvimento (SOLTANI et al., 2017). O nível da interferência irá depender da cultura e cultivar utilizado, espécie daninha e o período em que ocorre a interferência, sendo as fases iniciais do desenvolvimento da cultura as mais críticas (AGOSTINETTO et al., 2014).

A principal ferramenta para o controle de plantas daninhas na cultura da soja é o uso de herbicidas. No Brasil, a venda de herbicidas representou 47-49% do total do volume aplicado defensivos agrícolas no Brasil, indicando a importância das plantas daninhas na redução da produtividade da cultura (IBAMA, 2023). Entretanto, o uso consecutivo de um mesmo mecanismo de ação, somado à outras práticas de manejo inadequadas gera pressão de seleção nas populações presentes na área, selecionando biótipos de plantas daninhas resistentes (HICKS et al., 2018).

Uma das discussões atuais e inevitáveis na agricultura brasileira e mundial está relacionada com o potencial de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes ao herbicida glyphosate. A resistência de plantas daninhas a herbicidas é a capacidade natural e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população de plantas daninhas, de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida, que seria letal a uma população normal (suscetível) da mesma espécie, isso ocorre pela utilização intensiva do herbicida. O potencial de uso do herbicida também em culturas transgênicas, tolerantes ao glyphosate, é outro fator agravante (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

No Brasil, atualmente são 57 casos registrados de plantas daninhas resistentes a herbicidas envolvendo 28 espécies. Dentre as espécies ocorrentes na cultura da soja e com maiores números de casos de resistência destacam-se as espécies *Bidens* sp. (picão-preto), *Amaranthus* sp. (caruru), *Conyza* sp. (buva), *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), *Digitaria insularis* (capim-amargoso) e *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) (HEAP, 2024). Essas espécies se tornaram resistentes principalmente aos herbicidas inibidores da acetolactato-sintase (ALS), acetil coenzima-a carboxilase (ACCCase) e 5-enol-piruvil-shikimato-3-fosfato sintase (EPSPS) (HEAP, 2024).

A rápida evolução de plantas daninhas resistentes aos principais herbicidas utilizados na cultura da soja torna necessária a utilização de práticas alternativas, que se somem ao manejo integrado de plantas daninhas (MIPD). Dentre estas práticas, a rotação de mecanismos de ação e o uso de herbicidas pré-emergentes reduz a pressão de seleção aos herbicidas pós-emergentes por diminuir os níveis de infestação nas lavouras e a necessidade de aplicações em pós-emergência. Além disso, permitem que a cultura se estabeleça na ausência de plantas daninhas (KRÄHMER et al., 2021).

Nesta classe de herbicidas existem mecanismos de ação distintos aos utilizados na pós-emergência da cultura, o que reduz a pressão de seleção a eles (SOMERVILLE et al., 2017). Os herbicidas pré-emergentes, em sua maioria, apresentam residual prolongado no solo, sendo uma alternativa para reduzir a infestação de plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura (PATEL, 2018).

Podem ser utilizados em pré ou pós-semeadura, porém antes da emergência da cultura ou plantas daninhas. Sua eficácia é altamente dependente da umidade do solo, precipitação pluvial, temperatura, tipo de solo, entre outros fatores (MATTE, 2017). Para obtenção de bons resultados é necessário conhecer o herbicida utilizado e sua

seletividade à cultura de interesse, visto que há uma ampla gama de herbicidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (GAZOLA et al., 2016).

Considerando o aumento no número de casos de resistência a herbicidas em diferentes espécies de plantas daninhas e a importância da redução na pressão de seleção a um único mecanismo de ação herbicida, estudos que avaliem o uso de herbicidas pré-emergentes no controle de diferentes espécies são fundamentais para desenvolver estratégias de manejo que desacelerem a evolução da resistência. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar a eficiência e seletividade de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas na cultura da soja.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância da cultura da soja

A população mundial está em constante crescimento e, segundo estimativa da Organização das Nações Unidas (ONU), chegou a 8 bilhões em novembro de 2022. Embora esse crescimento tenha sido mais lento desde 1950 em comparação às outras décadas, ainda assim a tarefa de atender a demanda mundial de alimentos é complexa. Além de reduzir o desperdício, o mundo deverá dobrar a produção de alimentos até 2050 a fim de suprir as necessidades de uma população estimada em 9 bilhões de humanos (MARINS; TANCREDI; GEMAL, 2014).

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de alimentos e, de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), é atualmente o maior exportador de carnes (bovina e de frango), soja em grãos, açúcar e café. No quesito produção de alimentos, o país tem disponibilidade de recursos naturais, muito embora existam diversos desafios para que a produção continue nos próximos anos de maneira sustentável (ADAMI, 2021).

Entre as possibilidades que os avanços da tecnologia apresentam para suprir essa demanda estão as proteínas derivadas da soja. A soja é utilizada devido aos elevados rendimentos obtidos por unidade de área cultivada, ao elevado conteúdo de proteínas do grão e à sua ampla forma de utilização, seja na alimentação animal, na forma de concentrados ou isolados proteicos utilizados na indústria da carne. A soja pode ainda ser consumida diretamente no preparo de alimentos tradicionais (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1993).

A soja (*Glycine max*) é uma Fabaceae (Leguminosa), originária do continente asiático, especificamente da China, onde, acredita-se que tenha sido domesticada há aproximadamente 5000 anos (ZHAO; GAI, 2004). Estima-se que seu cultivo tenha ocorrido inicialmente no norte da China, onde se tornou importante na dieta chinesa, também utilizada para fins medicinais, sendo posteriormente propagada para outros países do continente e do mundo (ZHAO; GAI, 2004).

Por ser uma importante fonte nutricional e de geração de energia, a soja se tornou uma das principais culturas produzidas no mundo. No início da década de 1990 a produção mundial de soja era de cerca de 90 milhões de toneladas. Ao final de 2020 a produção mundial chegou a 350 milhões de toneladas, o que corresponde a um

aumento de aproximadamente 300% no total produzido (FAO, 2020).

Neste cenário, o Brasil se destaca como maior produtor e exportador mundial da *commodity*, sendo a soja responsável por aproximadamente 35% do PIB (Produto Interno Bruto) agrícola nacional, movimentando em torno de R\$673,7 bilhões, quando consideradas as cadeias da soja e do biodiesel (CEPEA, 2023). Esse valor abrange não apenas a comercialização da soja, mas também as diversas ramificações econômicas decorrentes de sua produção, processamento e exportação, o que reforça a importância da cultura para a geração de renda e empregos para o país.

Em uma escala temporal, a soja foi a cultura que mais se expandiu em área e produção no Brasil nos últimos anos. A produtividade média ou rendimento médio é a medida do desempenho econômico de determinada cultura agrícola. É o quociente obtido pela divisão da produção agrícola pela área plantada, ou seja, a produtividade média é a quantidade de produto auferido em razão do mais fundamental insumo da produção agrícola, a área. Trata-se, portanto, de importante indicador agrícola e sua redução, ou mesmo estabilidade, desperta a atenção e o interesse de todas as partes envolvidas no processo produtivo (CONAB, 2017).

No ano de 2003 a área média destinada à produção de soja no Brasil era de aproximadamente 20 milhões de hectares. 20 anos após, a área estimada na safra 2023/24 é de aproximadamente 44,3 milhões de hectares, o que equivale a um aumento de 121,5% na área cultivada com soja no país. Quando calculada a evolução do volume produzido, o incremento foi de aproximadamente 204% neste mesmo período de tempo, com uma produção de aproximadamente 50 milhões de toneladas em 2003 e estimativa de 152 milhões de toneladas para a safra 2023/24 (CNA BRASIL, 2023; CONAB, 2024; IBGE, 2024).

O incremento no volume produzido é decorrente de dois fatores principais: o aumento na área produzida e o aumento na produtividade das áreas. Em 2003, a produtividade da soja no país era em média de 2500 Kg ha<sup>-1</sup>, o que equivale a aproximadamente 42 sacas por hectare. Em 2023/24, a produtividade nacional aumentou para 3.430 Kg ha<sup>-1</sup>, correspondente a aproximadamente 57 sacas por hectare (IBGE, 2024).

O aumento na produtividade da cultura no Brasil é atribuído a fatores como as melhorias no sistema produtivo, incremento nas áreas com sistema de irrigação, adubação, sistema de cultivo e o manejo integrado de pragas. Além disso, o melhoramento genético das cultivares ao longo dos anos proporcionou o

desenvolvimento de cultivares com alto potencial produtivo, que variam em seu ciclo de vida e podem ser adaptadas a diferentes regiões e condições do país (UMBURANAS et al., 2022).

Apesar do incremento de 37% no potencial produtivo das áreas, alguns fatores ainda impedem que as cultivares atuais, mesmo com seu potencial genético, expressem seu máximo potencial produtivo. Estes fatores são de origem abiótica e biótica. Os fatores abióticos envolvem principalmente as condições climáticas, como o estresse hídrico. Já os fatores bióticos envolvem principalmente a incidência de insetos, doenças, nematoides e plantas daninhas (FLOSS, 2011). Dentre os fatores bióticos, a competição com plantas daninhas é indesejada, pois estas competem pelo mesmo nicho que as culturas, utilizando recursos essenciais para seu crescimento e desenvolvimento (SOLTANI et al., 2017).

## **2.2 A competição de plantas cultivadas com as daninhas**

A competição entre plantas é uma interação de prejuízo mútuo que pode ocorrer entre plantas da mesma espécie ou de espécies distintas, quando os recursos do meio são limitantes (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). As plantas daninhas possuem habilidade competitiva e exploram os recursos do meio ambiente como água, luz, nutrientes e espaço físico, competindo com as plantas cultivadas (PITELLI, 1981; VIGHI et al., 2019).

A água no solo está entre os recursos mais importantes pelos quais as plantas competem. O suprimento desse recurso é dependente da precipitação pluvial, evapotranspiração e movimento da água no perfil do solo. No caso das plantas daninhas, a extração de água e nutrientes reduz a disponibilidade deste recurso para a cultura alvo, o que causa estresse e, por fim, reduz o crescimento de ambas e também o rendimento da cultura (PATTERSON, 1995).

Por outro lado, a adequada nutrição mineral é essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando elementos essenciais estão em falta ou quando ocorre competição entre plantas por um elemento particular, a fixação de outro elemento pode ser igualmente afetada (RIZZARDI, et al 2001).

O nível de dano decorrente da competição é variável com a cultivar utilizada, a espécie daninha e o período em que ocorre a competição (AGOSTINETTO et al., 2014). A competição também aumenta quanto maiores forem o período de

convivência das espécies, a densidade de infestação e a similaridade morfofisiológica entre a espécies (AGOSTINETTO et al., 2014). Menores produtividades são observadas quando ocorre a competição de plantas cultivadas com plantas daninhas, resultando em redução dos lucros (SANTOS, 2020). As plantas daninhas são altamente competitivas devido à sua rusticidade (NETTO, 2017).

A soja apresenta rápida germinação, estabelecimento e utilização de recursos, o que geralmente a torna uma boa competidora diante das plantas daninhas (FRANCO et al., 2017). Nesse sentido, as perdas de produtividade da cultura ocorrem principalmente pelos altos níveis de infestação nas lavouras e não pela competição individual (GUGLIELMINI et al., 2017). No entanto, se o manejo de plantas daninhas for feito inadequadamente e a cultura se estabelecer sob altos níveis de competição, perdas de até 80% podem ocorrer (BRAZ et al., 2021).

Estimativas indicam que as perdas de produtividade na cultura da soja ocasionadas pela competição com plantas daninhas correspondem a 10% das perdas totais no Canadá e chegam a 37% nos Estados Unidos (SOLTANI et al., 2017). As diferenças no nível de perdas ocasionadas por plantas daninhas nos diferentes locais ocorre pela diferença nas espécies ocorrentes, manejo adotado, condições climáticas e incidência de biótipos resistentes.

Estudos demonstraram que cultivares de ciclo precoce são mais suscetíveis à competição, principalmente em fases iniciais. Além disso, o controle quando realizado precocemente manteve os altos níveis produtivos esperados para as cultivares (CALDAS et al., 2023). O manejo precoce de plantas daninhas altera também incidência e dominância das espécies daninhas no ambiente, alterando a dinâmica populacional local.

A interferência das plantas daninhas em culturas pode ser determinada pelos períodos de interferência, sendo: período anterior a interferência (PAI) - que ocorre após a emergência da cultura e essa convive com uma população de plantas daninhas sem que ocorra prejuízos significativos (5%) na produtividade de grãos; período total de prevenção a interferência (PTPI) - no qual a cultura deve ser mantida livre da infestação de plantas daninhas, para que não seja afetada; e o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) - que corresponde a diferença entre o PAI e o PTPI, que ocorre quando a competição é elevada e que se torna necessário o manejo das plantas daninhas (AGOSTINETTO et al., 2008; GALON et al., 2018).

## 2.3 Plantas daninhas que competem com a cultura da soja

A dinâmica populacional de plantas daninhas no ambiente é complexa e depende da variabilidade genética da espécie, sua competitividade e adaptabilidade a ambientes cultivados. Além disso, o ciclo de vida, capacidade de tolerância ao estresse, longevidade e prolificidade são fatores que influenciam na predominância dessas espécies no ambiente (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Sendo assim, em ambientes cultivados algumas espécies serão dominantes, e conseqüentemente irão ocorrer com maior predominância em relação a outras.

Dentre as principais espécies de plantas daninhas que competem com a cultura da soja, destacam-se as do gênero *Amaranthus*, popularmente conhecidas como caruru; *Conyza*, conhecida como buva; *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*, denominados de picão-preto, *Eleusine indica*, denominado capim-pé-de-galinha; e *Digitaria insularis* (capim-amargoso). Outra espécie também frequente nas lavouras de soja é o milho voluntário (*Zea mays*) que, apesar de ser uma importante cultura, torna-se daninha quando se desenvolve em meio ao cultivo de soja. Espécies secundárias também ocorrem, com menor frequência e densidade ao longo do ciclo da cultura, como papuã (*Urochloa plantaginea*), capim-colchão (*Paspalum notatum*), nabo (*Raphanus* sp.) e capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*).

### 2.3.1 *Amaranthus* sp.

O gênero *Amaranthus* é composto por espécies cosmopolitas, ocorrentes preferencialmente em regiões tropicais da América e África, e que há anos estão presentes em áreas de lavoura, competindo com culturas como a soja (*Glycine max*) (ZANDONÁ et al., 2021).

Das espécies pertencentes ao gênero, aproximadamente 20 são consideradas plantas daninhas em áreas agrícolas no mundo (KISSMAN; GROTH, 1999). No Brasil, ocorrem seis espécies principais: *Amaranthus deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho), *A. viridis* (caruru-de-mancha) e, mais recentemente, no ano de 2017, foi relatada a introdução de *A. palmeri* (caruru-palmeri) em lavouras no centro-oeste do país (GAZZIERO; SILVA, 2017).

Estas espécies são caracterizadas por sua alta variabilidade genotípica e

fenotípica, que lhes confere adaptação às condições adversas, desenvolvimento em solos com amplas faixas de pH e teores nutricionais. Além disso, apresentam ciclo anual, com emergência preferencial em épocas quentes (MARTÍNEZ-NÚÑEZ et al., 2019). São espécies altamente prolíficas, com relatos de produção de mais de 200.000 sementes por planta, sendo estas pequenas, facilmente transportadas, com alta viabilidade e germinação escalonada no tempo (KISSMAN; GROTH, 1999). As espécies de *Amaranthus* sp. apresentam crescimento inicial rápido e ciclo fotossintético do tipo C4, o que lhes confere alta competitividade pela rápida utilização dos recursos do meio e capacidade de suprimir suas concorrentes (MARTÍNEZ-NÚÑEZ et al., 2019).

Nos últimos anos tem-se relatado aumento nos níveis de infestação destas espécies, ocasionado principalmente pela evolução de biótipos resistentes a herbicidas. No Brasil, são relatados sete casos de resistência envolvendo quatro espécies do gênero *Amaranthus* (HEAP, 2024). Entretanto, em monitoramentos de resistência, é possível observar a rápida disseminação dos biótipos resistentes nas áreas agrícolas, principalmente envolvendo inibidores da ALS e da EPSPS (AMARANTE et al., 2021). Nesse caso, é dado destaque à espécie *A. hybridus*, com populações resistentes aos dois mecanismos de ação (HEAP, 2024).

### **2.3.2 *Bidens* sp.**

Duas espécies principais do gênero *Bidens* são comuns em lavouras brasileiras: *B. pilosa* e *B. subalternans* (CABI, 2019). Estas espécies são pertencentes à família Asteraceae, de ciclo vida anual, porte tipo herbáceo e ereto com propagação por sementes. Seu ciclo fotossintético é do tipo C3, embora se desenvolva melhor sob regimes de alta temperatura, com germinação preferencial entre 25-30 °C e presença de luz (HOLM et al., 1977; CABI, 2019). Isso decorre da grande capacidade de aborver água, mesmo em condições de solo com baixo potencial hídrico (FREITAS et al., 2021).

As duas espécies são compatíveis, hibridizando entre si e produzindo cerca de 3.000 sementes por planta (GOMBONI-GUARANI et al., 2006). Além disto as sementes podem permanecer dormentes e resistir por três a cinco anos no solo. As espécies também são hospedeiras de alguns gêneros de nematóides como *Meloydogine*. (SANTOS, 2011).

As espécies podem ser facilmente confundidas no campo, na fase inicial de desenvolvimento, pois são muito similares e somente após a floração a separação das espécies fica mais nítida. O aquênio apresenta duas a três aristas para *Bidens pilosa* e possui quatro aristas para *Bidens subalternans*. Outras características também ajudam na diferenciação das espécies: para *B. pilosa* o segundo par de folhas é diferente do primeiro par de folhas, enquanto para *B. subalternans* o segundo par é igual ao primeiro par de folhas. A estrutura de *B. pilosa* possui ramificação dicotômica em toda a extensão do caule e para *B. subalternans* a dicotomia ocorre na parte inferior, passando a alternada na parte superior. Nas flores de *B. pilosa* ocorrem botões de flor amarela, com lígulas brancas bem desenvolvidas, enquanto em *B. subalternans* as lígulas são pequenas de cor amarela (ADEGAS et al., 2023).

A perda de produtividade ocasionadas por estas plantas daninhas é variável com a intensidade de infestação, sendo que densidades superiores a 20 plantas m<sup>-2</sup> ocasionam perdas de até 50% na produtividade da soja (TAKANO et al., 2016a).

As espécies do gênero possuem histórico antigo de resistência à herbicidas no mundo, sendo uma das primeiras espécies a serem registradas com resistência aos inibidores da ALS e, mais recentemente, à EPSPS (TAKANO et al., 2016a; HEAP, 2024). Nos últimos dois anos foram registrados dois novos casos de resistência do gênero *Bidens* no Brasil: um relato de resistência de *Bidens subalternans* ao herbicida glyphosate, pertencente ao grupo dos inibidores da EPSPS; e um relato de resistência de *Bidens pilosa* ao herbicida fomesafen, pertencente ao grupo dos inibidores da Protox (HEAP, 2024). Ambos os casos foram reportados no estado do Paraná.

### **2.3.3 *Eleusine indica***

O capim-pé-de-galinha é uma Poaceae originária da Ásia, que atualmente infesta diversas culturas em regiões tropicais e subtropicais (MULLER et al., 2011). Seu ciclo fotossintético é do tipo C4 e apresenta rápido crescimento e desenvolvimento inicial, com desenvolvimento ótimo em temperaturas entre 25-30 °C (TAKANO et al., 2016b). É uma planta herbácea, ereta e com altura de 30 a 50 cm. Possui o colmo achatado e a inflorescência terminal digitada que caracteriza a sua espécie. Seu ciclo de desenvolvimento é anual e varia de 120 a 180 dias.

Sua capacidade de estabilidade em sistemas agrícolas ocorre principalmente devido à sua elevada plasticidade. Resistente à seca e à alta umidade, tem uma alta

produção de sementes que podem ser disseminadas pelo vento (em média 40 mil por planta), com germinação durante todo ano. Além disso, consegue se desenvolver em diversos tipos de solo (compactados, de baixa fertilidade e ácidos) e pode formar touceiras, o que dificulta seu controle (HRAC, 2024).

As perdas ocasionadas por esta planta daninha variam com sua densidade na área, entretanto, estima-se que quatro plantas  $m^{-2}$  promovem perdas de até 27% em culturas anuais (MA et al., 2015). Dados complementares ainda indicam que a massa de soja chegou a ser reduzida em até 25% quando em competição aconteceu com capim-pé-de-galinha, indicando alto potencial competitivo da espécie (XIA et al., 1997).

A evolução de biótipos resistentes a herbicidas é outro fator que intensifica a adaptação das espécies a ambientes cultivados. O capim-pé-de-galinha acumula um histórico de resistência no Brasil ao longo dos anos. Já foram relatados três casos de resistência para a espécie, dois de resistência simples aos inibidores da ACCase e EPSPs e um de resistência múltipla aos dois mecanismos de ação herbicida (HEAP, 2024). No ano de 2023 foi relatado o caso de resistência múltipla e cruzada da planta daninha capim-pé-de-galinha aos herbicidas cletodim e haloxifope-p-metilico, inibidores da ACCase – Grupo 1 (A) e glyphosate, inibidores da EPSPs - Grupo 9 (G) (HEAP, 2024).

### **2.3.4 *Raphanus* sp.**

O gênero *Raphanus* é amplamente disseminado pelas regiões de clima temperado e subtropical do mundo. No Brasil ocorre com intensidade na Região Sul e em menor escala na região Centro Oeste. Pertence à família Brassicaceae, denominada genericamente de crucíferas, pois o arranjo das quatro pétalas de suas flores tem a disposição de uma cruz. As duas espécies de ocorrência mais comum do Brasil são *Raphanus sativus* e *R. Raphanistrum*. São planta herbáceas, geralmente eretas, de caule ramificado, com altura variável, geralmente entre 60 a 110 cm. Possuem raiz pivotante e cilíndrica. As folhas são alternadas, pecioladas e com o limbo profundamente recortado até atingir ou não à nervura (RIZZARDI et al., 2024).

Existem diferenças entre as duas espécies em relação aos frutos: *R. raphanistrum* possui frutos com notável estrangulamento entre o alojamento das sementes; *R. sativus* possui frutos atenuados para a parte apical, sem

estrangulamento entre o alojamento das sementes (KISSMANN et al, 1999; THEISEN, 2008).

As espécies do gênero causam dano em diversas plantas cultivadas, especialmente em cereais de inverno. Contudo, tem sido comum a ocorrência em lavouras de verão, como a soja (ZACHARIAS et al., 2021).

No Brasil existe um relato de *Raphanus sativus* resistente aos herbicidas inibidores da ALS. O caso foi registrado no ano de 2001 na cultura do trigo, onde foi reportada a resistência cruzada aos demais herbicidas do mesmo grupo químico. Casos similares a estes também já foram reportados na Argentina e no Chile (HEAP, 2024).

#### **2.4 Controle de plantas daninhas na soja e a evolução de biótipos resistentes**

O uso de herbicidas é a principal estratégia de controle de plantas daninhas por sua praticidade, eficiência e custo (HAUSMAN et al., 2011). No Brasil, dentre os defensivos agrícolas, os herbicidas são os mais comercializados, indicando a importância que o manejo desta classe de praga tem para a sustentabilidade do sistema de produção (IBGE, 2024).

Entretanto, o uso repetitivo de herbicidas com um mesmo mecanismo de ação gera pressão de seleção, selecionando biótipos de plantas daninhas resistentes (VENCILL et al., 2012). A resistência é a capacidade adquirida e herdável que uma espécie desenvolve de sobreviver e se reproduzir a dose máxima de registro de um herbicida, letal para a população original da espécie (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014).

A velocidade com que ocorre a resistência é dependente da variabilidade genética da população local, da forma de cruzamento, da frequência de alelos resistentes na população e da pressão de seleção gerada pelo herbicida. Nesse sentido, quanto maior for a frequência do alelo resistente e da utilização de um único produto, maior a probabilidade da evolução da resistência (VENCILL et al., 2012).

Fazendo um paralelo das estratégias de manejo que foram utilizadas ao longo dos tempos, pode-se observar que antes do desenvolvimento de culturas resistentes ao glyphosate, a pressão de seleção era gerada em outras classes de herbicidas. Nesse sentido, os primeiros casos de resistência a nível global envolveram os mimetizadores de auxina. No Brasil, os dois primeiros casos de resistência relatados

foram registrados no ano de 1993, nas espécies de leiteiro e picão-preto, ambas com resistência aos inibidores da ALS (HEAP, 2024).

Posteriormente, com a chegada das culturas resistentes ao glyphosate, este herbicida passou a ser utilizado amplamente na pós-emergência das culturas, sendo muitas vezes o único mecanismo utilizado em mais de uma aplicação (DUKE; POWLES, 2008). O cultivo de cultivares de soja resistentes ao glyphosate e o consequente aumento do número de aplicações em pós-emergência para controle de plantas daninhas favoreceram a seleção de biótipos resistentes a herbicidas no território nacional (ADEGAS et al., 2022; HEAP, 2024).

Com a alta pressão de seleção ao glifosato, decorrente do uso contínuo, rapidamente selecionam biótipos resistentes no mundo todo, sendo o primeiro caso registrado em 1996, envolvendo *Lolium rigidum*, na Austrália. No Brasil, o primeiro caso também envolveu uma espécie de azevém (*Lolium multiflorum*) e data do ano de 2003. Desde então são 20 casos registrados de resistência a este mecanismo de ação no país, envolvendo 12 espécies de plantas daninhas (HEAP, 2024).

Os impactos na resistência envolvem a redução da eficácia de herbicidas, aumento nos custos de produção pela necessidade de usar um maior número de produtos, ou mesmo produtos mais caros (ADEGAS et al., 2017). Além disso, pela ineficiência das aplicações ocorre aumento nos níveis de infestação e, por consequência, da competição entre cultura e plantas daninhas, reduzindo a produtividade da cultura (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014).

Estima-se que, nos Estados Unidos, o aumento nos custos de produção chegue a 1,5 bilhões decorrente da presença de plantas daninhas resistentes (PIMENTEL; BURGESS, 2014). O impacto decorrente do uso de herbicidas nos custos de produção também foram percebidos em países da América Latina como a Argentina, o Paraguai e o Brasil.

Atualmente existem 57 casos de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil (HEAP, 2023). Alguns exemplos são a presença de plantas daninhas dicotiledôneas como o caruru (*Amaranthus hybridus*) e picão-preto (*Bidens subalternans*) e monocotiledôneas como o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), com resistência a inibidores da EPSPs (HEAP, 2024). Esse cenário piora com a ocorrência de resistência múltipla, incluindo inibidores da ALS no caso das espécies dicotiledôneas (MENDES et al., 2022) e aos inibidores da ACCase no caso das monocotiledôneas, demandando a utilização de outras

alternativas (TAKANO et al., 2020).

Uma das principais ferramentas para reduzir a resistência aos herbicidas é o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD). O MIPD permite a redução da utilização de herbicidas, pois torna os sistemas de cultivo desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas daninhas, minimizando seus efeitos, através da integração de métodos de controle (NUNES; TREZZI; DEBASTIANE et. al., 2011).

Rotacionar mecanismos de ação e utilizar ferramentas eficientes em pré e pós-emergência da cultura da soja podem contribuir para garantir sustentabilidade do ambiente produtivo. Nesse contexto, a utilização de herbicidas pré-emergentes vem ganhando força e espaço entre os produtores devido à perda de eficiência dos herbicidas pós-emergentes, principalmente pela evolução nos casos de resistência (BECKIE, 2019).

## **2.5 Herbicidas pré-emergentes**

Considerando a evolução dos casos de resistência e a necessidade de novas alternativas para garantir a sustentabilidade do ambiente produtivo, a utilização de herbicidas pré-emergentes é uma estratégia importante na redução de infestações de plantas daninhas resistentes (NUNES et al., 2018).

Pré-emergentes podem reduzir o número de aplicações na pós-emergência, retardar o desenvolvimento inicial das plantas daninhas, reduzir o período de interferência entre a cultura e a planta daninha, além de favorecerem a rotação de mecanismos de ação (PATEL, 2018). O uso de pré-emergentes auxilia na redução da pressão de seleção a herbicidas pós-emergentes por reduzirem o fluxo de emergência de plantas daninhas na área e, por em sua maioria, apresentarem mecanismos de ação distintos aos principais pós-emergentes (OVEJERO et al., 2013; PETERSON et al., 2018).

Os herbicidas pré-emergentes apresentam ação residual, que permite o controle de diferentes fluxos de emergência das plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura. Esta característica permite que a cultura se estabeleça na ausência de plantas daninhas, absorvendo os recursos do meio e facilitando sua capacidade de supressão de suas competidoras (GONÇALVES et al., 2018). Com menor fluxo de emergência, o período anterior a interferência (PAI) aumenta e o número de intervenções pós-emergentes são menores (RIZZARDI et al., 2020).

Dentre os herbicidas com ação em pré-emergência disponíveis no mercado destacam-se diclosulam e imazetapir (inibidores da ALS); sulfentrazone, fomesafen e flumioxazina (inibidores da PPO); diuron (inibidor do FSII), pyroxasulfona e s-metolaclopro (inibidores da elongação de AGCML) (AGROFIT, 2024).

Contudo, além da eficiência sobre as espécies de plantas daninhas, é importante que os herbicidas pré-emergentes sejam seletivos para a cultura da soja. A textura do solo é um fator com forte influência na seletividade dos produtos. Solos com maior quantidade de argila e matéria orgânica retêm maior quantidade de herbicidas em seus colóides tornando-os menos disponíveis na solução do solo. Alguns herbicidas possuem recomendação de uso apenas em determinados tipos de solo sendo restritos em solos arenosos ou com baixa quantidade de matéria orgânica (DALAZEN et al., 2020).

Outro fator muito importante é a lixiviação dos herbicidas pré-emergentes. Herbicidas muito móveis, quando aplicados em solos arenosos ou com baixo teor de matéria orgânica, seguidos por chuvas pesadas, podem ir direto para os lençóis freáticos, causando prejuízos para o meio ambiente e para o agricultor. Herbicidas de maior persistência no solo apresentam maiores riscos de contaminação do ambiente, seja por lixiviação, volatilização e erosão. Vários autores relatam a complexidade do comportamento de herbicidas no solo (OLIVEIRA JR. et al., 2006; INOUE et al., 2008; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

Além do impacto ao meio ambiente, a persistência de herbicidas no solo pode ocasionar prejuízos as culturas subsequentes por meio do carryover. O levantamento de informações sobre os intervalos de segurança exigidos para que esses produtos sejam dissipados no ambiente sem afetar as culturas em sucessão é de fundamental importância para a manutenção da sustentabilidade econômica e ambiental dos cultivos de segunda safra no Brasil (LEÃO et al., 2011).

Para que os herbicidas pré-emergentes tenham efetividade no controle de plantas daninhas é importante que eles cheguem na superfície do solo, onde está a maior parte do banco de sementes, antes da emergência das plantas daninhas. Desta forma, qualquer barreira entre o solo e a ponta de pulverização é prejudicial para o funcionamento dos produtos. Quando a semente da planta daninha iniciar o processo de germinação (dentro do solo) serão emitidos a radícula e o caulículo. Essas estruturas é que absorverão o herbicida que atingiu o solo (CORREIA, 2018).

A palha, comum em áreas onde o plantio direto foi adotado, pode se tornar uma

barreira para que os herbicidas aplicados atinjam seu destino, o solo (MATTE, et al. 2021). Alguns herbicidas possuem baixa capacidade para atravessar a palha e chegar ao solo, e a presença de cobertura do solo no momento da aplicação, pode absorver o produto prejudicando seu efeito.

Nas últimas safras as indústrias de defensivos agrícolas têm disponibilizado no mercado misturas de pré-emergentes, com dois herbicidas pertencentes a mecanismos de ação diferentes. A mistura de dois ingredientes ativos com diferentes mecanismos de ação visa melhorar o espectro de controle e o desenvolvimento inicial das culturas. São esperados nos próximos anos a mistura de três ou mais ingredientes ativos no mercado brasileiro. Dessa forma, são essenciais estudos de eficácia e de seletividade dessas misturas duplas e triplas.

### **2.5.1 Inibidores da acetolactato sintase (ALS)**

A acetolactato sintase (ALS) é a primeira enzima envolvida na síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina. Essa enzima é alvo de cinco grupos químicos de herbicidas (imidazolinonas, pirimidiniltiobenzoatos, triazolinonas, sulfoniluréias e triazolopirimidinas) (HEAP, 2024).

A introdução no mercado dos herbicidas inibidores da ALS ocorreu em 1982, com o lançamento da molécula chlorsulfuron para uso em cereais (SAARI et al, 1994). Existem no mercado alguns grupos de herbicidas, que agem inibindo a ALS e são empregados para controle seletivo de plantas daninhas em culturas como soja, trigo, cevada e arroz (EMBRAPA, 2006).

Os herbicidas inibidores de ALS são muito usados, em razão da baixa toxicidade para animais, alta seletividade para culturas e alta eficiência em baixas doses (HESS, 1992). Os herbicidas classificados como inibidores de ALS tornaram-se uma ferramenta de grande importância para a agricultura, devido à alta eficiência e ao reduzido impacto ambiental (SAARI et al., 1994).

A morte da planta, posterior ao uso deste grupo de herbicidas, decorre da ausência dos aminoácidos que resulta na paralização da divisão celular, degradação de proteínas para suprir a ausência dos aminoácidos, degradação de clorofilas pelas clorofilases e posterior formação de etileno (COBB; READE, 2010).

As triazolopirimidinas são um dos grupos químicos desse mecanismo de ação, e o diclosulam faz parte deste grupo. É um herbicida registrado para diversas culturas,

dentre elas a soja, e controla principalmente dicotiledôneas (AGROFIT, 2024). É um herbicida altamente seletivo para a cultura da soja e mesmo em doses altas, dificilmente ocasiona fitotoxicidade. Além disso controla um amplo espectro de plantas, tais como *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Persicaria maculosa* (GOLUBEV, 2021).

Outro herbicida inibidor da ALS é o imazetapir, pertencente ao grupo das imidazolinonas. Este herbicida é utilizado em pré-emergência e controla tanto folhas estreitas como folhas largas. Em pesquisas com o herbicida utilizado isolado ou em associação com outros produtos foi encontrado controle superior a 95% quando este foi utilizado isoladamente (WALSH et al., 2015).

### **2.5.2 Inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX)**

Os herbicidas desta classe inibem a enzima PPO, impedindo que ocorra a oxidação do precursor de protoporfirinogênio IX (protogênio) dentro dos cloroplastos. O protogênio é enviado ao citoplasma, onde é convertido em protoporfirina IX que se acumula no citoplasma (BERKER et al., 2023).

A protoporfirina é uma molécula fotodinâmica que na presença de luz produz oxigênio singleto. O oxigênio singleto evolui para estados mais excitados de energia, produzindo outras espécies reativas de oxigênio, como peróxido de hidrogênio e radicais hidroxila. A planta morre em decorrência do estresse oxidativo gerado pelos radicais livres (DAYAN et al., 2019; BERKER et al., 2023).

Neste modo de ação está o herbicida sulfentrazone, uma triazolinona utilizada em pré-emergência de plantas daninhas dicotiledôneas em uma ampla gama de culturas (SENSEMAN, 2007). Dentro deste grupo também se encontra o fomesafen, que é um herbicida difenil-éter com ação tanto em pré quanto em pós emergência. É principalmente utilizado como pós-emergente, controlando uma ampla gama de plantas daninhas (SIKKEMA; SHROPSHIRE; SOLTANI, 2009).

O flumioxazin é um herbicida de baixa solubilidade, o que o faz permanecer adsorvido aos coloides do solo, com uma meia vida de 10 a 25 dias (FERRELL et al., 2005). Sua aplicação ocorre tanto em pré quanto em pós-emergência das plantas, sendo eficiente no controle de gramíneas e, principalmente de dicotiledôneas (TAYLOR-LOVELL et al., 2002).

### 2.5.3 Inibidores do fotossistema II (FSII)

Os herbicidas do grupo dos inibidores de fotossistema II matam as plantas atuando no cloroplasto das células, ao interromper o fluxo de elétrons do fotossistema II para o I. A interrupção do fluxo de elétrons promove o acúmulo destes no fotossistema II, fazendo com que as clorofilas aumentem seu grau de energia, gerando espécies reativas de oxigênio. O alto nível de espécies reativas de oxigênio promove a peroxidação lipídica das membranas e extravasamento celular, levando a planta à morte (COBB; READ, 2010).

Esse grupo de herbicidas pode ser aplicado no solo ou em pós-emergência para o controle de plantas daninhas, quando utilizados em pós-emergência são produtos que necessitam do uso de adjuvantes ou de adequada cobertura foliar, visto que são produtos com reduzida translocação. Herbicidas dos grupos uréias e triazinas são usados para controle seletivo em pré e pós-emergência das plantas daninhas mono e dicotiledôneas em culturas como milho, soja, batata, algodão e seringueira. Os sintomas das plantas sob efeito destes herbicidas aparecem inicialmente nas folhas mais velhas, incluindo cloroses nas internervuras e nas bordas das folhas, que progridem para necrose (EMBRAPA, 2006).

Pertencente a este grupo de herbicidas, o diuron é uma triazinona amplamente utilizada em culturas como algodão, cana-de-açúcar, espécies de frutíferas, dentre outras. De modo geral, controla ampla gama de espécies mono e dicotiledôneas, mas tem baixa eficiência sob ciperáceas (VARSHA et al., 2019).

A primeira espécie a apresentar resistência aos inibidores de Fotossistema II foi a *Alopecurus myosuroides* na Inglaterra, em 1982, e na Alemanha, em 1983. A maioria das plantas daninhas resistentes às triazinas foi localizada em lavouras de milho na Europa e América do Norte. Dentre as plantas resistentes relatadas estão *Amaranthus*, *Polygonum* e *Chenopodium* (HEAP, 2024).

### 2.5.4 Inibidores da alongação de ácidos graxos de cadeia muito longa (AGCML)

Também conhecidos como inibidores da síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa, são herbicidas usados em pré-emergência ou com incorporação pouco

profunda, que controlam gramíneas anuais e algumas espécies daninhas de folhas largas, porém sem ação sobre plantas que já tenham emergido (AGROFIT, 2024).

O modo de ação dos herbicidas desta classe ainda não está bem definido, mas sabe-se que estes herbicidas atuam inibindo o complexo de elongases, responsáveis por inserir cadeias de carbono aos ácidos graxos de cadeia longa. Assim, ocorre o acúmulo de ácidos graxos precursores dos ácidos graxos de cadeia longa e, na ausência dos ácidos graxos adequados as membranas essenciais para a integridade celular não são formadas. O desequilíbrio metabólico e o comprometimento das membranas celulares levam à morte celular e, eventualmente, à morte da planta (COBB; READ, 2010). Nas espécies de folhas largas, as acetaminas atuam nas raízes, enquanto nas gramíneas, atuam na parte aérea emergente (AGROFIT, 2024).

Pertencente a este mecanismo de ação, ao grupo das alfa-cloroacetoamidas, o S-metolaclo-ro é um pré-emergente amplamente utilizado no controle de gramíneas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Apesar de prioritariamente controlar gramíneas também é eficiente no controle de algumas dicotiledôneas, como caruru, embora já existam casos de resistência a este herbicida para a espécie fora do Brasil (RANGANI et al., 2021).

Outro grupo químico deste mecanismo de ação é o das isoxazolininas, ao qual pertence a piroxasulfona. É um herbicida utilizado tanto para mono quanto para dicotiledôneas, podendo apresentar alto período residual em função da alta adsorção no solo. Essa característica também pode conferir maior espectro de controle às espécies daninhas ao longo do desenvolvimento da cultura (GRAY et al., 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de eficiência e seletividade de pré-emergentes na cultura da soja foi realizado a campo e constou de dois experimentos, realizados em duas lavouras comerciais no Estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2022/23 para ambas as localidades e 2023/24 para a localidade de Cambé.

As localizações das propriedades estão dispostas na tabela 1, sendo uma localizada no oeste do estado do Paraná (Medianeira) e a outra no norte do estado do Paraná (Cambé). Ambas as regiões possuem importância agrícola para o estado e a presença de plantas daninhas com resistência aos principais herbicidas utilizados hoje em dia.

Tabela 1: Localização geográfica das lavouras onde foram conduzidos os experimentos de eficiência e seletividade de pré-emergentes.

Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Cambé	-23°14'32,280"	-51°15'1,520"	550
Medianeira	-25°17'035"	-54°7'35,22"	350

Ambas as propriedades possuem solo classificado como Latossolo Vermelho, com alto teor de argila e clima subtropical (Cfa) (KÖPPEN; GEIGER, 1928). As características físico químicas dos solos são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: Características físicas e químicas de amostras de solo usadas nos dois experimentos.

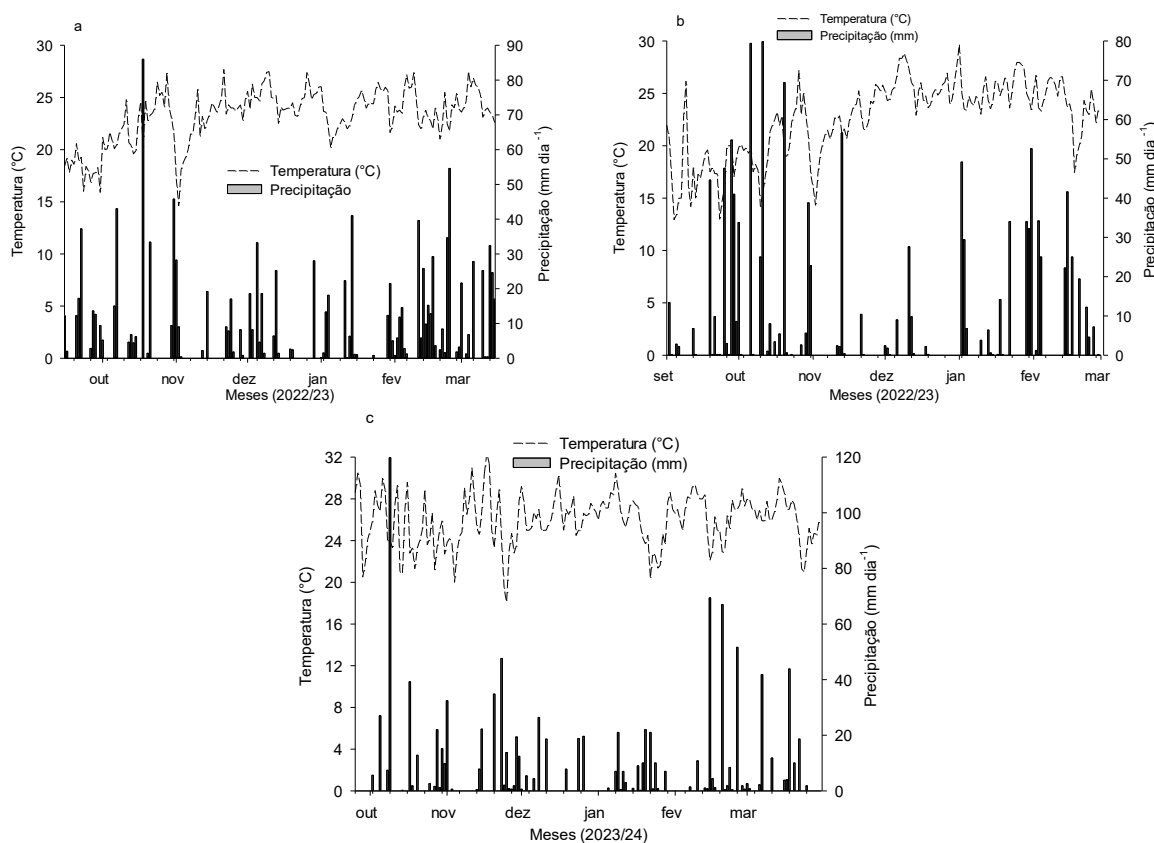
Município	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	V%	Argila	Silte	Areia
Cambé	4,5	19	27	4,2	25	7	3	36,2	39,2	40,1	525	335	140
Medianeira	5,3	25	29	1,4	40	14	1	55,4	87,4	63,4	660	290	50

Medidas: pH (CaCl<sub>2</sub>); MO (g/dm<sup>-3</sup>); P (mg/dm<sup>-3</sup>); K, Ca, Mg, Al, SB, CTC (mmolc/dm<sup>-3</sup>); V% (%), Argila, Silte e Areia (g. kg<sup>-1</sup>)

Nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24 as semeaduras da soja em ambas as localidades foram realizadas no mês de setembro, utilizando a cultivar MY 6410 IPRO. As sementes foram previamente tratadas com ciantraniliprole + thiometoxam + fludioxonil + metalaxil + tiabendazole, nas doses de 36; 70; 2,5; 2,0 e 15 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, respectivamente, buscando minimizar a ocorrência de pragas e doenças iniciais que eventualmente poderiam impactar no desenvolvimento inicial da

cultura. As condições de temperatura e precipitação pluvial ao longo do ciclo da cultura estão representadas na figura 1.

Figura 1: Temperatura diária (°C) e acumulado de precipitação (mm dia<sup>-1</sup>) durante o ciclo da cultura da soja em Cambé 2022/23 (a); Medianeira 2022/23 (b) e; Cambé 2023/24 (c)



O espaçamento entre linhas utilizado na semeadura foi de 0,5 m, espaçamento utilizado pela grande maioria dos produtores no estado. A profundidade de semeadura foi de 5 cm e a adubação de base foi realizada com 400 Kg ha<sup>-1</sup> de NPK (02-20-18).

O manejo fitossanitário da cultura foi realizado de acordo com monitoramento, seguindo as recomendações técnicas para a cultura da soja. Não foram realizadas aplicações de herbicidas após a semeadura da soja, com o propósito de avaliar o efeito dos tratamentos até avaliação na pré-colheita da cultura da soja.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições no primeiro ano e quatro repetições no segundo ano. As unidades experimentais consistiam em parcelas de 6 m x 16 m, com área total de 96 m<sup>2</sup> e bordaduras de 0,5 m.

Os experimentos contaram com nove tratamentos, sendo duas testemunhas, uma sem aplicação de herbicidas pré-emergentes e outra capinada, e sete tratamentos herbicida. A relação de tratamentos está disposta na tabela 3.

Tabela 3: Relação dos tratamentos com herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. Londrina – PR, 2023.

Nº	Tratamento	Produto Comercial	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Mecanismo de ação
1	Testemunha sem aplicação	-	-	-
2	Testemunha capinada	-	-	-
3	Diclosulan	Spider®	35	ALS
4	Diuron + Sulfentrazone	Stone®	245 + 490	PPO + FSII
5	Flumioxazina + Pyroxasulfona	Kyojin®	90 + 60	AGCML + PPO
6	Flumioxazina + Imazetapir	Zethamax®	106 + 50	ALS + PPO
7	Fomesafem + S-metolacoloro	Eddus®	1035,6 + 227,6	AGCML + PPO
8	Sulfentrazone + Imazetapir	Allus®	360 + 96	PPO + ALS
9	S-metolacoloro + Flumioxazina	Aprisa®	54,6 + 1092	PPO + AGCML

A aplicação dos tratamentos foi realizada com auxílio de pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, utilizando-se barra de seis bicos, espaçados a 0,5 m. Os bicos utilizados foram do tipo cone simples (marca Teejet). A vazão utilizada foi de 150 L ha<sup>-1</sup> e a altura de aplicação de 0,5 m do nível do solo.

As aplicações foram realizadas após a semeadura, na modalidade plante-aplique. Nas parcelas com testemunha capinada, as plantas foram removidas manualmente, duas vezes por semana, a fim de evitar a interferência sobre o desenvolvimento e componentes de rendimento da cultura.

A fitotoxicidade na cultura da soja foi avaliada aos 7, 14 e 28 dias após a emergência (DAE) da cultura, utilizando-se escala percentual, onde 0 corresponde a ausência de injúrias na cultura e 100, corresponde à morte das plantas, conforme demonstrado na tabela 4 (FRANS; CROWLEY, 1986).

Tabela 4: Escala de fitotoxicidade adaptada de Frans et al. (1986).

Escala	Injúria
0	Nenhuma
10	Leve descoloração
20	Alguma descoloração
30	Pronunciada, porém não permanente descoloração
40	Geralmente recupera-se
50	Recuperação lenta
60	Não recuperável
70	Grandes perdas na densidade
80	Planta quase destruída
90	Sobrevivem algumas plantas
100	Morte total da cultura

No primeiro ano de experimento foi realizada uma avaliação adicional da altura de plantas de milho voluntário aos 35 dias após a emergência da cultura da soja com objetivo de averiguar o efeito do uso de herbicidas pré-emergentes no controle desta planta daninha. Plantas com menor desenvolvimento inicial em função da ação de pré-emergentes tendem a ter um manejo facilitado em comparação a plantas melhor desenvolvidas.

O controle de plantas daninhas foi avaliado aos 14 e 28 dias após a emergência da cultura e na pré-colheita. Sua estimativa foi baseada na contagem da população de plantas daninhas em cada tratamento. Para tal, dois quadrados de 0,25 m<sup>2</sup> foram dispostos aleatoriamente nas parcelas e feita a contagem de plantas daninhas, sendo estas separadas por espécie e a densidade populacional composta pela média das duas contagens.

Ao final do experimento, a produtividade da soja também foi aferida a massa. Para este fim, seis linhas de 3 m foram colhidas em cada parcela e posteriormente pesadas, corrigindo a massa final para umidade de 13% e extrapolando o resultado para Kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com probabilidade de 5%. Em caso de efeitos estatísticos, foi realizado a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A análise dos dados foi realizada utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS, 2024).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de fitotoxicidade realizadas nos dois anos de experimento no município de Cambé indicaram que houve efeito dos tratamentos no percentual de injúria na cultura da soja, principalmente para a primeira época de avaliação, aos 7 dias após a emergência da cultura. No primeiro ano, aos 7 DAE, o tratamento com sulfentrazone + diuron apresentou os maiores níveis de dano à cultura, diferindo dos demais (Tabela 5). Os tratamentos com diclosulan, pyroxasulfona + flumioxazina e sulfentrazone + imazetapir também diferiram dos demais tratamentos, sendo inferiores estatisticamente aos tratamentos com sulfentrazone + diuron. Os demais tratamentos apresentaram fitotoxicidade inferior ou não apresentaram fitotoxicidade nas avaliações.

Aos 14 DAE e 28 DAE houve recuperação da cultura em todos os tratamentos, com notas inferiores a 5% (14 DAE) e a 3% (28 DAE). Ainda assim, a associação de sulfentrazone + diuron diferiu dos demais tratamentos testados, com maior fitotoxicidade nas três épocas de avaliação, apresentando diferença estatística quando comparada aos demais tratamentos.

Para o segundo ano, aos 7 DAE a associação de sulfentrazone + imazetapir apresentou o maior percentual de dano visual à cultura da soja, seguido de flumioxazina + s-metolaclo, s-metolaclo + fomesafen, sulfentrazone + diuron, imazetapir + flumioxazina e diclosulan, não diferindo entre si (Tabela 5). Aos 14 e 28 DAE o tratamento sulfentrazone + imazetapir manteve os maiores percentuais de fitotoxicidade, com 12% e 10,2% respectivamente. O tratamento flumioxazina + s-metolaclo também mostrou diferença estatística em comparação com a testemunha aos 14 DAE. Aos 28 DAE os tratamentos a base de diclosulan, sulfentrazone + diuron e flumioxazina + s-metolaclo mostraram diferença em relação aos demais tratamentos, com fitotoxicidade variando entre 1,2% para sulfentrazone + diuron, até 3,2% para diclosulan e 5% para flumioxazina + s-metolaclo.

Tabela 5: Avaliação visual da fitotoxicidade à cultura da soja em decorrência da aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 7, 14 e 28 dias após a emergência (DAE) da cultura ao longo de dois anos de ensaio. Cambé –PR, 2023/24

Tratamento	7 DAE		14 DAE		28 DAE	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Testemunha	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 b	0 b
Testemunha Capinada	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 b	0,0 b
Diclosulan	4,4 b	4,4 abc	1,9 b	3,7 b	0,6 b	3,2 ab
Sulfentrazona + Diuron	7,0 a	5,6 abc	3,5 a	5,0 b	2,8 a	1,2 ab
Pyroxasulfona + Flumioxazina	4,4 b	1,3 bc	1,7 b	1,3 b	0,0 b	0,0 b
Imazetapir + Flumioxazina	0,0 d	5,0 abc	0,0 c	1,9 b	0,0 b	0,0 b
S-metolaclo-ro + Fomesafem	0,0 d	6,3 abc	0,0 c	0,0 b	0,0 b	0,0 b
Sulfentrazona + Imazetapir	3,3 bc	12,5 a	1,7 b	12,0 a	0,0 b	10,2 a
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	2,0 cd	10,0 ab	1,4 b	5,6 ab	0,0 b	5,0 ab
CV %	21,85	30,88	28,97	32,75	39,93	34,15

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05)

Quando avaliada a fitotoxicidade no experimento em Medianeira foram observados menores danos visuais à cultura da soja em comparação aos experimentos no município de Cambé. Este fator pode estar relacionado à maior quantidade de argila e matéria orgânica quando comparada a localidade de Cambé (Tabela 2).

Aos 7 DAE os únicos tratamentos que ocasionaram fitotoxicidade foram sulfentrazona + imazetapir, pyroxasulfona + flumioxazina e sulfentrazona + diuron, com notas inferiores a 3% (Tabela 6). Aos 14 DAE, a exceção do tratamento de sulfentrazona + diuron, todos os tratamentos tiveram 100% de recuperação da cultura, não sendo observado nenhum tipo de injúria. Aos 28 DAE nenhum efeito fitotóxico foi observado na soja em nenhum dos tratamentos. Os tratamentos de sulfentrazona + diuron, pyroxasulfona + flumioxazina e sulfentrazona + imazetapir foram os únicos que apresentaram danos visuais à cultura nos três experimentos avaliados, com valores entre 1,2 e 12,5% (Tabelas 5 e 6).

Tabela 6: Avaliação visual da fitotoxicidade à cultura da soja em decorrência da aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 7, 14 e 28 dias após a emergência (DAE). Medianeira –PR, 2023/24

<b>Tratamento</b>	<b>7 DAE</b>	<b>14 DAE</b>	<b>28 DAE</b>
Testemunha	0,0 b	0,0 b	0 <sup>ns</sup>
Testemunha Capinada	0,0 b	0,0 b	0
Diclosulan	0,0 b	0,0 b	0
Sulfentrazone + Diuron	1,8 a	1,1 a	0
Pyroxasulfona + Flumioxazina	2,0 a	0,0 b	0
Imazetapyr + Flumioxazina	0,0 b	0,0 b	0
S-metolaclo-ro + Fomesafem	0,0 b	0,0 b	0
Sulfentrazone + Imazetapir	2,6 a	0,0 b	0
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	0,0 b	0,0 b	0
CV	31,60	28,85	-

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05). <sup>ns</sup> = não significativo

A variabilidade nos níveis de fitotoxicidade de um mesmo herbicida em uma cultura é comum e pode variar com a cultivar utilizada, as condições meteorológicas e o tipo de solo da região (DALAZEN et al., 2020). Cultivares que tem a capacidade de metabolizar mais rapidamente o herbicida sulfentrazone suportaram doses de até 1.200 g ha<sup>-1</sup> sem que danos visuais significativos sejam observados (MATTE et al., 2019). Em cultivares menos tolerantes, a dose de 400 g ha<sup>-1</sup>, ocasionou danos visuais aos 7 DAE. Entretanto, a cultura consegue se recuperar ao longo de seu desenvolvimento (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2013). Como nos três experimentos a cultivar e dose utilizadas foram as mesmas, provavelmente as diferenças nos níveis de fitotoxicidade deveram-se às características de solo e meteorológicas de cada local e ano.

Em ambos os locais, o solo é caracterizado como Latossolo Vermelho com alto teor de argila (Tabela 2). A argila, por ser uma partícula menor e com maior capacidade de troca de cargas promove maior adsorção dos herbicidas. Esta maior retenção reduz a disponibilidade do herbicida na solução do solo, reduzindo a probabilidade de danos severos ocasionados pela fitotoxicidade (FREITAS et al., 2014).

Corroborando com o apresentado neste trabalho, em estudo avaliando a fitotoxicidade de sulfentrazone em solo com teor de argila superior a 65%, pequenos danos visuais foram observados na soja, mesmo aos 7 dias após a aplicação dos

tratamentos (OSIPE et al., 2014). Em contrapartida, quando estudos foram realizados em solo de textura mais arenosa, onde o herbicida é mais disponível na solução do solo, doses de 300 g de sulfentrazone ha<sup>-1</sup> ocasionaram danos de até 30% na soja, que persistiram mesmo após 60 DAA (DALAZEN et al., 2020).

O nível de fitotoxicidade da soja na associação de sulfentrazone e imazetapir também é variável com a dose e o momento da aplicação. Em trabalho testando doses e o uso isolado ou em associação dos dois herbicidas em cultivares de feijão, os danos ocasionados pela fitotoxicidade não foram significativos (SOLTANI et al., 2014).

O menor nível de fitotoxicidade observado em Medianeira poderia ser decorrente da textura do solo e matéria orgânica, e também da maior média pluviométrica observada no município nos meses de setembro e outubro de 2022, quando em comparação à Cambé (Figura 1). Para Medianeira, o acumulado de chuva para estes meses foi de aproximadamente 200 e 350 mm, respectivamente, enquanto em Cambé a média foi próxima a 200 mm em ambos meses. A maior precipitação favorece a lixiviação do produto no perfil do solo, reduzindo seu residual e disponibilidade na superfície do solo. (SANTO, 2019)

Outra variável avaliada foi o efeito dos pré-emergentes sobre plantas daninhas e voluntárias de milho. A altura de plantas de milho voluntário não foi reduzida nos tratamentos com sulfentrazone + diuron, pyroxasulfona + flumioxazina, e flumioxazina + S-metolaclo, não diferindo da testemunha (Tabela 7). Nos demais tratamentos há redução de até 26,47% na estatura das plantas de milho quando comparadas com a testemunha. A altura de plantas é uma característica que está diretamente relacionada à sua capacidade de captação de luz e, por consequência de competição e supressão. Plantas mais altas tendem a suprimir as menores, reduzindo a qualidade de luz que chega às competidoras (FLECK et al., 2008).

Tabela 7: Altura de plantas de milho voluntário em lavoura de soja em decorrência da aplicação de herbicidas pré-emergentes

Tratamento	Altura de plantas de milho (cm)	
	Cambé	Medianeira
Testemunha	68 ab	68 ab
Testemunha Capinada	0 c	0 c
Diclosulan	51 b	51 b
Sulfentrazone + Diuron	66 ab	66 ab
Pyroxasulfona + Flumioxazina	72 a	72 a
Imazetapir + Flumioxazina	53 b	53 b
S-metolaclo-ro + Fomesafem	50 b	50 b
Sulfentrazone + Imazetapyr	50 b	50 b
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	59 ab	59 ab
CV	17,22	17,22

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05).

Por ser uma planta C4, o milho ainda se beneficia da maior qualidade e intensidade de luz quando recebe luz direta, aumentando sua velocidade de crescimento e velocidade de utilização dos recursos (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Nesse sentido, quanto mais a supressão no crescimento da planta daninha, maior a vantagem competitiva que se dá à cultura da soja por exemplo no experimento.

Outro ponto importante é a sensibilidade de plantas de milho voluntário a herbicidas pós-emergentes em função do estágio de aplicação. Plantas menores são mais sensíveis a herbicidas como cletodim e quizalofop (ALMEIDA et al., 2020; DALAZEN et al, 2020). Dessa forma, tratamentos pré-emergentes que reduzam o crescimento de milho voluntário podem favorecer o controle dessa planta indesejável na pós-emergência.

Para análise da densidade de plantas daninhas no ano 1 do experimento em Cambé observou-se que todos os tratamentos testados reduziram a densidade total de plantas daninhas na área, não diferindo estatisticamente da testemunha capinada (Tabela 8). Ao avaliar a densidade populacional da testemunha, a espécie predominante foi o caruru, seguido pelo nabo. Para caruru, observou-se que todos os tratamentos reduziram a densidade de plantas em 98,75% em relação à testemunha. Para nabo esta redução foi em média de 67,6%. Para as demais espécies avaliadas, a baixa densidade de plantas daninhas observada na testemunha infestada fez com

que as médias fossem não significativas.

Aos 28 dias após a emergência a densidade geral de plantas daninhas aumentou em todos os tratamentos, com maior nível de infestação no tratamento com diclosulan. Ainda assim, este tratamento teve infestação 59,81% inferior à testemunha (Tabela 8). O nível de infestação nos demais tratamentos não diferiu de diclosulan, mas também não diferiram da testemunha capinada.

O aumento na média geral de infestação em todos os tratamentos decorreu principalmente do aumento de plantas de nabo (Tabela 8). Para esta espécie, o tratamento com diclosulan teve o pior desempenho, não diferindo da testemunha infestada. Uma possível explicação para o ocorrido é a ampla presença de plantas daninha desta espécie resistente a inibidores de ALS no estado do Paraná (HEAP, 2024). Para caruru, a planta com maior densidade na testemunha infestada, todos os tratamentos mantiveram um excelente de controle. Para as demais espécies não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 8: Densidade populacional de plantas daninhas (plantas m<sup>-2</sup>) aos 14, 28 DAA de herbicidas pré-emergentes e em pré-colheita da cultura da soja no município de Cambé. Cambé – PR, 2023.

Tratamento	Média Geral	Nabo	Caruru	Milho	Capim-colchão	Picão-preto	Papuã	Capim-carrapicho	Pé-de-galinha
<b>14 DAA</b>									
Testemunha	11,6 a	2,5 a	8,1 a	0,4 ns	0,1 ns	0,0 ns	0,0 ns	0,4 a	0,0 ns
Testemunha Capinada	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0
Diclosulan	1,7 b	1,1 ab	0,2 b	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0 b	0,2
Sulfentrazona + Diuron	0,7 b	0,6 ab	0,0 b	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0
Pyroxasulfona + Flumioxazina	0,6 b	0,2 ab	0,0 b	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0 b	0,0
Imazetapir + Flumioxazina	1,3 b	0,4 ab	0,2 b	0,1	0,0	0,4	0,1	0,0 b	0,0
S-metolaclo-ro + Fomesafem	0,6 b	0,5 ab	0,0 b	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0 b	0,0
Sulfentrazona + Imazetapir	2,3 b	2,2 ab	0,0 b	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0 b	0,0
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	1,1 b	0,7 ab	0,1 b	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0 b	0,0
CV	25,17	25,12	11,90	10,24	5,27	11,85	3,76	5,51	7,37
<b>28 DAA</b>									
Testemunha	20,9 a	6,2 a	9,5 a	0,5 ns	3,0 ns	0,0 ns	0,0 ns	1,7 a	0,1 ns
Testemunha Capinada	0,0 c	0,0 b	0,0 b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0
Diclosulan	8,4 b	5,9 a	0,2 b	0,2	1,8	0,0	0,0	0,0 b	0,3
Sulfentrazona + Diuron	3,0 bc	2,6 ab	0,0 b	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0 b	0,1
Pyroxasulfona + Flumioxazina	2,2 bc	1,3 ab	0,0 b	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0 b	0,0
Imazetapir + Flumioxazina	3,1 bc	1,9 ab	0,0 b	0,4	0,3	0,5	0,1	0,0 b	0,0
S-metolaclo-ro + Fomesafem	3,8 bc	2,9 ab	0,1 b	0,1	0,6	0,1	0,0	0,1 b	0,0

Sulfentrazona + Imazetapyr	4,4 bc	3,4 ab	0,2 b	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0 b	0,0
Flumioxazina + S-metolacoloro	4,6 bc	2,7 ab	0,3 b	0,9	0,6	0,0	0,1	0,0 b	0,0
CV	26,74	31,47	15,60	18,75	33,51	11,85	3,75	11,59	7,73

**Pré-colheita**

Testemunha	25,9 a	6,8 a	9,5 a	0,5 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,2 ab	4,6 a	0,9 b
Testemunha Capinada	0,0 c	0,0 b	0,0 b	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0 b	0,0 b
Diclosulan	14,1 b	6,6 a	1,7 b	0,7	1,8	1,0	0,8 a	0,3 b	1,2 ab
Sulfentrazona + Diuron	6,5 bc	2,9 ab	0,4 b	0,5	0,4	0,9	0,4 ab	0,9 b	0,1 b
Pyroxasulfona + Flumioxazina	5,1 bc	1,6 ab	0,3 b	0,3	0,6	0,0	0,0 b	0,0 b	2,3 a
Imazetapir + Flumioxazina	6,9 bc	2,4 ab	0,3 b	0,4	0,3	0,7	0,1 ab	0,0 b	2,7 a
S-metolacoloro + Fomesafem	6,6 bc	3,0 ab	0,1 b	0,1	0,6	0,1	0,0 b	0,1 b	2,7 a
Sulfentrazona + Imazetapyr	8,1 bc	3,8 ab	0,3 b	0,9	0,4	0,0	0,0 b	0,0 b	2,7 a
Flumioxazina + S-metolacoloro	7,7 bc	3,1 ab	0,6 b	1,0	0,9	0,2	0,2 ab	0,3 b	1,4 ab
CV	23,88	29,01	23,29	20,58	33,67	21,58	13,6	21,9	17,54

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05).<sup>ns</sup> = não significativo.

Para a análise em pré-colheita, observou-se resultado semelhante aos 28 DAE, com o pior tratamento sendo o uso de diclosulan isolado e o nível de infestação aumentado principalmente pelo nabo (Tabela 9). Observou-se também nesta data o aumento na infestação de capim-pé-de-galinha, onde a associação de sulfentrazone + diuron manteve a menor densidade, com infestação próxima a zero.

Aos 14 e 28 DAE dos tratamentos em Medianeira, todos os tratamentos controlaram de forma eficiente as plantas daninhas, não diferindo da testemunha capinada (Tabela 10). Para este local, a planta daninha predominante foi o caruru. Mesmo com densidade de 13,6 plantas de caruru m<sup>-2</sup>, todos os tratamentos suprimiram satisfatoriamente a infestação, não diferindo da testemunha capinada, com redução média de 94,85% em relação à testemunha infestada.

Para o controle de milho, à exceção do tratamento com sulfentrazone + diuron, que não diferiu da testemunha infestada, os demais controles reduziram significativamente a densidade da planta. Para picão-preto todos os tratamentos foram eficientes na supressão da espécie. Entretanto, mesmo na testemunha infestada, a densidade foi baixa (Tabela 10).

Para a avaliação em pré-colheita a densidade de plantas geral nas áreas aumentou quando comparada às demais datas de avaliação (Tabela 10). Esse aumento pode ser decorrente da redução do residual dos herbicidas no solo, já que neste local o volume de precipitação foi superior ao registrado em Cambé (Figura 1), podendo haver maior perda do herbicida por lixiviação. Para caruru, milho e pé-de-galinha, os tratamentos mantiveram bom controle, não diferindo da testemunha limpa. Para o picão-preto foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 9: Densidade populacional de plantas daninhas (plantas m<sup>-2</sup>) aos 14, 28 DAA de herbicidas pré-emergentes e em pré-colheita da cultura da soja no município de Medianeira. Medianeira – PR, 2023.

Tratamento	Média Geral	Caruru	Milho	Picão-preto	Pé-de-galinha
<b>14 DAA</b>					
Testemunha	15,9 a	13,6 a	1,4 a	0,9 a	0,0 <sup>ns</sup>
Testemunha Capinada	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,0
Diclosulan	1,9 b	1,6 b	0,0 c	0,0 b	0,3
Sulfentrazona + Diuron	2,0 b	1,0 b	1,0 ab	0,0 b	0,0
Pyroxasulfona + Flumioxazina	1,0 b	0,7 b	0,3 bc	0,0 b	0,0
Imazetapir + Flumioxazina	0,7 b	0,3 b	0,2 bc	0,2 b	0,0
S-metolaclo-ro + Fomesafem	0,4 b	0,1 b	0,2 bc	0,1 b	0,0
Sulfentrazona + Imazetapir	0,8 b	0,8 b	0,0 c	0,0 b	0,0
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	0,7 b	0,4 b	0,3 bc	0,0 b	0,0
CV	23,03	20,81	14,99	10,32	7,37
<b>28 DAA</b>					
Testemunha	25,1 a	13,6 a	4,2 a	3,5 a	3,8 a
Testemunha Capinada	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
Diclosulan	3,6 b	1,6 b	0,7 b	0,8 b	0,5 b
Sulfentrazona + Diuron	3,5 b	1,1 b	1,5 b	0,5 b	0,4 b
Pyroxasulfona + Flumioxazina	1,6 b	0,7 b	0,5 b	0,4 b	0,0 b
Imazetapir + Flumioxazina	1,8 b	1,3 b	0,3 b	0,2 b	0,0 b
S-metolaclo-ro + Fomesafem	1,9 b	1,5 b	0,3 b	0,1 b	0,0 b
Sulfentrazona + Imazetapir	1,6 b	1,1 b	0,5 b	0,0 b	0,0 b
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	1,3 b	0,7 b	0,6 b	0,0 b	0,0 b
CV	27,55	21,75	19,48	19,76	21,14
<b>Pré-colheita</b>					
Testemunha	28,5 a	13,5 a	4,6 a	4,8 a	5,6 a
Testemunha Capinada	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 d	0,0 b
Diclosulan	5,7 b	1,6 b	1,2 b	1,4 bcd	1,5 b
Sulfentrazona + Diuron	7,1 b	1,6 b	1,9 b	3,2 abc	0,4 b
Pyroxasulfona + Flumioxazina	3,2 b	0,7 b	1,1 b	1,0 bcd	0,4 b
Imazetapir + Flumioxazina	3,5 b	2,1 b	1,0 b	0,2 d	0,2 b
S-metolaclo-ro + Fomesafem	5,3 b	1,5 b	0,4 b	3,4 ab	0,0 b
Sulfentrazona + Imazetapir	3,9 b	1,1 b	0,5 b	2,3 abcd	0,0 b
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	3,0 b	0,7 b	0,6 b	1,7 abcd	0,0 b
CV	25,48	19,70	21,49	25,80	26,62

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05). <sup>ns</sup> = não significativo.

Para o experimento no segundo ano realizado em Cambé, para todas as datas de avaliação, os tratamentos tiveram baixos níveis de densidade de plantas daninhas, onde a testemunha infestada não superou 10 plantas m<sup>-2</sup> (Tabela 11). Aos 14 dias após a emergência da cultura os tratamentos pyroxasulfona + flumioxazina, s-metolaclo-ro + fomesafen e flumioxazina + s-metolaclo-ro diferiram-se dos demais tratamentos, resultando em controles superiores. Os tratamentos a base de sulfentrazona + diuron e sulfentrazona + imazetapir também mostraram diferença estatística, seguidos pelo tratamento à base de imazetapir + flumioxazina. Os tratamentos mencionados acima foram superiores ao diclosulan, que não mostrou diferença quando comparado a testemunha infestada.

Aos 28 dias após a emergência da cultura os tratamentos mostraram controle superior de plantas daninhas quando comparados ao tratamento à base de diclosulan e à testemunha infestada. Em pré colheita, os únicos tratamentos que diferiram dos demais foram diclosulan, seguido de sulfentrazona + diuron, que não diferiram no nível de infestação em relação à testemunha infestada.

Tabela 10: Densidade populacional de plantas daninhas (plantas m<sup>-2</sup>) aos 14, 28 DAA de herbicidas pré-emergentes e em pré-colheita da cultura da soja no município de Cambé. Cambé – PR, 2024.

<b>Tratamento</b>	<b>14 DAA</b>	<b>28 DAA</b>	<b>Pré-colheita</b>
Testemunha	2,8 ab	6,0 a	7,8 ab
Testemunha Capinada	0,0 c	0,0 b	0,0 c
Diclosulan	3,5 a	7,0 a	11,3 a
Sulfentrazona + Diuron	0,5 bc	2,0 b	3,5 bc
Pyroxasulfona + Flumioxazina	0,0 c	0,3 b	0,5 c
Imazetapir + Flumioxazina	1,3 abc	2,5 b	3,0 c
S-metolaclo-ro + Fomesafen	0,0 c	0,0 b	0,3 c
Sulfentrazona + Imazetapir	0,8 bc	1,3 b	1,5 c
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	0,3 c	1,0 b	1,0 c
CV (%)	20,38	22,26	22,82

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05).

A análise de controle geral de plantas daninhas na pré-colheita da cultura da soja foi variável com o local e ano do experimento (Tabela 12). No primeiro ano do experimento em Cambé os tratamentos não alcançaram 60% de controle. O melhor controle neste cenário foi obtido pela associação de S-metolaclo-ro e fomesafen, que

não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com exceção da associação de sulfentrazone com imazetapir, que obteve o pior controle. Para o experimento em Medianeira, as médias de controle foram semelhantes, com nenhum dos tratamentos superando 62% e não diferindo entre si.

No segundo ano do experimento em Cambé, a média de controle de todos os tratamentos foi superior em comparação ao primeiro ano (Tabela 11). Novamente o tratamento com S-metolaclo e fomesafen obteve melhor resultado, não diferindo da testemunha capinada. Todos os tratamentos obtiveram controle superior a 80%, entretanto, o uso isolado de diclosulan apresentou menor eficiência quando comparado aos demais tratamentos.

A maior média de controle neste ano pode ser justificada pela menor incidência de plantas daninhas na área, como foi demonstrado na contabilização da densidade de plantas, onde, mesmo na testemunha infestada houve baixa pressão de infestação.

Tabela 11: Controle de plantas daninhas em pré-colheita da cultura da soja submetida a diferentes tratamentos de herbicidas pré-emergentes

Tratamento	Cambé		Medianeira
	Ano 1	Ano 2	Ano 1
Testemunha	0,0 d	0,0 e	0,0 c
Testemunha Capinada	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Diclosulan	50,0 bc	83,8 d	56,0 b
Sulfentrazone + Diuron	54,0 bc	86,3 cd	55,4 b
Pyroxasulfona + Flumioxazina	55,0 bc	92,5 b	58,0 b
Imazetapir + Flumioxazina	53,0 bc	88,8 bcd	57,6 b
S-metolaclo + Fomesafen	62,4 b	100,0 a	62,0 b
Sulfentrazone + Imazetapir	48,0 c	90,0 Bc	52,0 b
Flumioxazina + S-metolaclo	58,0 bc	92,5 b	52,0 b
	3,56	3,99	0,66

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05).

Para os três experimentos, o tratamento a base de s-metolaclo com fomesafen, apresentou as maiores médias de controle. O s-metolaclo é um herbicida de amplo espectro, eficiente no controle de plantas daninhas tanto de folha larga quanto de folha estreita. A associação de s-metolaclo ao fomesafen aumenta a eficiência de controle, pois este é um herbicida com ação residual, mas também

eficiente no manejo em pós-emergência de folhas largas, como o caruru. Estudos demonstraram que a associação dos dois herbicidas promoveu a supressão de até 95% de *A. rudis* na cultura da soja até oito semanas após a aplicação (DUFF et al., 2008). O uso de flumioxazina isolada ou em associação com imazetapir também já demonstrou ser eficiente na supressão de plantas de caruru na cultura da soja, mantendo controle superior a 80% após 40 DAA (PEDROSO et al., 2020).

A produtividade da cultura da soja nos experimentos realizados em Cambé não foi alterada significativamente em função do tratamento herbicida utilizado e nem da presença de plantas daninhas (Tabela 13). Para o experimento em Medianeira, os tratamentos com S-metolaclo-ro + fomesafen e flumioxazina + S-metolaclo-ro apresentaram os maiores rendimentos, não diferindo da testemunha capinada. Os demais tratamentos não diferiram entre si. Estes mesmos tratamentos foram os que apresentaram maior capacidade de supressão das plantas daninhas nos três experimentos realizados.

Os tratamentos diferiram da testemunha infestada, indicando que os danos ocasionados pela fitotoxicidade à cultura pela fitotoxicidade são inferiores aos ocasionados pela competição com as plantas daninhas, justificando a aplicação dos herbicidas.

Tabela 12: Produtividade da cultura da soja (Kg ha<sup>-1</sup>)

Tratamento	Cambé		Medianeira
	Ano 1	Ano 2	Ano 1
Testemunha	2536,80 <sup>ns</sup>	2388,37 <sup>ns</sup>	3147,00 b
Testemunha Capinada	3532,00	3217,68	5265,00 a
Diclosulan	3025,38	2746,12	3255,20 b
Sulfentrazone + Diuron	3223,54	2808,02	3398,80 b
Pyroxasulfona + Flumioxazina	2996,53	2941,04	4037,60 b
Imazetapir + Flumioxazina	3062,73	2776,22	3892,20 b
S-metolaclo-ro + Fomesafen	3423,88	3034,29	4199,00 ab
Sulfentrazone + Imazetapir	2638,92	2618,03	3816,20 b
Flumioxazina + S-metolaclo-ro	3070,33	2728,68	4200,80 ab
CV	20,16	14,25	14,85

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (>0,05). <sup>ns</sup> = não significativo.

O fato de as médias de produtividade no município de Cambé não terem

diferido indica que a fitotoxicidade ocasionada pelos tratamentos não ocasionou gasto energético suficiente para reduzir o desempenho da cultura. Assim como a densidade de plantas daninhas que se desenvolveu após os tratamentos não foi suficiente para suprimir e comprometer o desenvolvimento da cultura.

De modo geral, a cultura da soja apresenta bom potencial competitivo pelos recursos do meio quando em convivência com plantas daninhas. Isso se deve principalmente ao seu rápido desenvolvimento e aprisionamento de recursos (HAEFELE et al., 2004). Assim, a redução na produtividade ocorre principalmente em condições de estresse ambiental e em altos níveis de infestação (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Exemplos de casos em que a competição da soja foi superior a das plantas daninhas foram observados em *Bidens pilosa* (picão-preto); *Sida rhombifolia* (guanxuma); *Digitaria ciliare* (milhã); *Digitaria sanguinalis* (capim-colchão); *Amaranthus quitensis* (caruru); e, *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) (BIANCHI; FLECK; FEDEREZZI, 2006; AGOSTINETTO et al., 2013; GUGLIELMINI et al., 2016; FRANCO et al., 2017). Nestes casos, o efeito negativo da competição com plantas daninhas na produtividade da soja só foi observado quando estas estavam em altas densidades no ambiente.

No presente estudo, as densidades de plantas daninhas em poucos casos chegaram a este nível de infestação, indicando que a densidade observada não foi suficiente para competir significativamente com a cultura da soja. Estudos indicam que são necessárias densidades acima de 6 plantas m<sup>-2</sup> de caruru para alterar significativamente a produtividade da cultura da soja (VOLL, 1993).

As perdas irão variar com a cultivar, a espécie daninha, a densidade de infestação e o período em que ocorre a competição. Quanto mais cedo iniciar a competição e maior a densidade da planta daninha, maiores serão os prejuízos. Em estudo com *A. palmeri* competindo com a cultura da soja desde sua fase inicial de desenvolvimento, observou-se que as perdas variaram de 14 a 49% em densidade de 1 a 8 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente (BASINGER et al., 2019). A espécie de caruru também interfere no nível de competição, em estudo com mesma cultivar, *A. palmeri*, *A. retroflexus* e *A. rudis* as perdas ocasionadas pela presença de 8 plantas m<sup>-2</sup> foram de 78,7; 56,2 e 38%, respectivamente (BENSCH et al., 2002).

## 5. CONCLUSÕES

Houve efeito dos tratamentos no percentual de injúria na cultura da soja, principalmente para a primeira época de avaliação, aos 7 dias após a emergência da cultura. No experimento em Medianeira foram observados menores danos visuais à cultura da soja em comparação aos experimentos no município de Cambé.

Todos os tratamentos foram eficientes na supressão da densidade de plantas daninhas até a pré-colheita da cultura da soja com diferenças entre espécies e as localidades. Para plantas de Caruru, em ambas as localidades os tratamentos se mostraram superiores a testemunha sem aplicação. O uso isolado de diclosulan reduz sua eficiência ao longo do desenvolvimento da cultura, aumentando o nível de infestação em relação aos outros tratamentos na pré-colheita da cultura.

A fitotoxicidade ocasionada pelos tratamentos não ocasionou gasto energético suficiente para reduzir o desempenho da cultura. Assim como a densidade de plantas daninhas que se desenvolveu após os tratamentos não foi suficiente para suprimir e comprometer o desenvolvimento da cultura.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, Dirceu et al. Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v.32, n.1, p.31-38, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/KP6YFG8FJQVWvdN4kQ8WMvH/?lang=en&format=html>>. Acesso em: 10 fev. 2024

AGOSTINETTO, Dirceu; et a. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1315-1322, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/57czS4SHPfLFLt5QnVFsXYS/?lang=pt>>. Acesso em: 20 ago. 2024

AGOSTINETTO, Dirceu; VARGAS, Leandro. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. **Pelotas: Editora UFPel**, 2014. p.09-32.

AGOSTINETTO, Dirceu. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.

BARKER, Abigail L. et al. Discovery, mode of action, resistance mechanisms, and plan of action for sustainable use of Group 14 herbicides. **Weed Science**, v. 71, n. 3, p. 173-188, 2023. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/discovery-mode-of-action-resistance-mechanisms-and-plan-of-action-for-sustainable-use-of-group-14-herbicides/697D6AA03D38616EA6BED19EE8ACF4ED>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

BASINGER, Nicholas T. et al. Large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) intraspecific and interspecific interference in soybean. **Weed Science**, v.67, n.6, p.649-656, 2019. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/large-crabgrass-digitaria-sanguinalis-and-palmer-amaranth-amaranthus-palmeri-intraspecific-and-interspecific-interference-in-soybean/99424F5DEC336B8FD24A0EB3A0DF0288>>. Acesso em: 20 ago. 2024

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; FEDERIZZI, L. C. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. **Bragantia**, v.65, p.623-632, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/braga/wvC6JNBzvwvCn4zjQS5Dwvc/?lang=pt>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v.36, p.1380-1387, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/hJBHQ9p6S9PPBF7SGVV8Nvz/?lang=pt>>. Acesso em: 20 ago. 2024

BRAZ, Guilherme Braga Pereira et al. Sourgrass interference on soybean grown in Brazilian Cerrado. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 350-358, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/WdRxwmW7HXF3wLWF6nyhNsB/?lang=en>> Acesso em: 01 jun. 2024.

CABI. **Invasive Species Compendium**. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. *Bidens pilosa* (blackjack), <https://www.cabi.org/isc/datasheet/9148> (2019).

COBB, A.H.; READE, J.P.H. **Herbicides and Plant Physiology**. 2ed. Newport:Wiley-Blackwell, 2010. 286p.

COLEMAN, Kevin et al. The potential for soybean to diversify the production of plant-based protein in the UK. **Science of the Total Environment**, v. 767, p. 144903, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720384369>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. A produtividade da soja: análise e perspectivas. **Compêndio de Estudos**, CONAB, 2017.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas Londrina: **Associação Brasileira de Ação a resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR)**, 2003. p. 2-21.

DALAZEN, Giliardi et al. Soybean tolerance to sulfentrazone and diclosulam in sandy soil. **Planta Daninha**, v. 38, p. e020225717, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/GMTdPqmKcPmkrQ9jWPhp3Pr/?lang=en&format=html>>. Acesso em: 15 jul., 2024.

DALAZEN, Giliardi et al. Controle de milho voluntário com doses de inibidores da ACCase pós-emergentes aplicados em diferentes estádios fenológicos. **Biblioteca Virtual em Medicina Veterinária e Zootecnia da USP. Vol 16 (2020)**. Disponível em: <[https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/colloquium-agrariae/16-\(2020\)-5/control-de-milho-voluntario-com-doses-de-inibidores-da-accase-pos-eme/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/colloquium-agrariae/16-(2020)-5/control-de-milho-voluntario-com-doses-de-inibidores-da-accase-pos-eme/)>. Acesso em: 15 jul., 2024.

DALLAS, Peterson et al. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. **Weed Science**, v.51, n.1, p.37-43, 2003. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/interference-of-redroot-pigweed-amaranthus-retroflexus-palmer-amaranth-a-palmeri-and-common-waterhemp-a-rudis-in-soybean/77AD7BB66D174C1E2A769EDE4FE4E3B6> Acesso em: 20 ago. 2024

DAYAN, Franck E. et al. The role of antioxidants in the protection of plants against inhibitors of protoporphyrinogen oxidase. **Reactive Oxygen Species**, v. 7, n. 19, p. 55–63-55–63, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/330061383\\_The\\_Role\\_of\\_Antioxidants\\_in\\_the\\_Protection\\_of\\_Plants\\_against\\_Inhibitors\\_of\\_Protoporphyrinogen\\_Oxidase](https://www.researchgate.net/publication/330061383_The_Role_of_Antioxidants_in_the_Protection_of_Plants_against_Inhibitors_of_Protoporphyrinogen_Oxidase)>. Acesso em: 10 fev. 2024.

DUFF, Michael G.; et al. Efficacy of preemergence application of S-metolachlor plus fomesafen or metribuzin as an element in the control of common waterhemp (*Amaranthus rudis* Sauer) in soybeans. **Transactions of the Kansas Academy of Science**, v. 111, n. 3, p. 230-238, 2008. Disponível em: <<https://bioone.org/journals/Transactions-of-the-Kansas-Academy-of-Science/volume-111/issue-3/0022-8443-111.3.230/Efficacy-of-preemergence-application-of-S-Metolachlor-plus-Fomesafen-or/10.1660/0022-8443-111.3.230.short>>. Acesso em: 15 jul., 2024.

DUKE, Stephen O.; POWLES, Stephen B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**: formerly Pesticide Science, v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008. Disponível em: <<https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.1518>> Acesso em: 15 jan., 2024.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do58\\_4.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58_4.htm) Acesso em: 8 jun 2024

FERRELL, Jason A. et al. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 61, n. 1, p. 40-46, 2005. Disponível em: <<https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.956>>. Acesso em: 15 jan., 2024.

FLECK, Nilson Gilberto et al. Controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) em soja em função da dose e da época de aplicação do herbicida clethodim. **Planta Daninha**, v. 26, p. 375-383, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/PQM4jZNrYrt8kTWnVjjLYfx/>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

FLOSS, Elmar L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. 5ed. Passo Fundo:Universidade de Passo Fundo, 2011. 734p.

FRANCO, Jader Job et al. Relative competitiveness of goosegrass biotypes and soybean crops. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 271-277, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/zD8bq3LSBjPcX9TyYS96TsG/?lang=en>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

FRANS, Robert. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. **Research methods in weed science**, p. 29-46, 1986. Disponível em: <<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1219549>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

FREITAS MAMD, LINS HA, SOUZA MDF, CARNEIRO GDOP, MENDONÇA V, SILVA DV. Water deficit on growth and physiological indicators of *Bidens pilosa* L. and *Bidens subalternans*. DC. **Rev Caatinga**. 2021Apr;34(2):388–97. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n215rc>

FREITAS, M. A. M. et al. Sorção do sulfentrazone em diferentes tipos de solo determinada por bioensaios. **Planta Daninha**, 32(2), 385–392. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200016>

GALON, L. et al. Interference periods of weeds infesting maize crop. **Jornal of Agricultural Science**, v.10, n.10, p.1-9, 2018..

GAZZIERO, Dionísio Luiz Pisa; SILVA, Alexandre Ferreira. da. Caracterização e manejo de *Amaranthus palmeri*. **Circular Técnica n.384**, EMBRAPA, abril 2017.

GAZOLA, T. et al. Diclosulam effects on soybean grown in soils of different textural 22 classes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 483, p. 353–361, 2016.

GUGLIELMINI, A.C.; VERDÚ, A.M.C.; SATORRE, E.H. Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. **International Journal of Pest Management**, v.63, p.30-36, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09670874.2016.1213459>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

GOLUBEV, Artem Sergeevich. Weed control with diclosulam in soybean. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 187-193, 2021. Disponível em: <<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA667483191&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=2079052X&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E847c9bc7&aty=open-web-entry>>. Acesso em 15 jul., 2024.

GREY, Timothy L. et al. Comparison of pyroxasulfone to soil residual herbicides for glyphosate resistant Palmer amaranth control in glyphosate resistant soybean. **Crop Management**, v. 12, n. 1, p. 1-6, 2013. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1094/CM-2013-0032-RS>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

GUGLIELMINI, A.C.; VERDÚ, A.M. C.; SATORRE, E.H. Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. **International Journal of Pest Management**, v.63, p.30-36, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09670874.2016.1213459>>. Acesso em 15 jul. 2024.

HAEFELE, S.M. et al. Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. **Field Crops Research**, v.88, n.1, p.39-56, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429003002636>>. Acesso em: 20/08/2024

HAUSMAN, Nicholas E. et al. Resistance to HPPD-inhibiting herbicides in a population of waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) from Illinois, United States. **Pest Management Science**, v. 67, n. 3, p. 258-261, 2011. Disponível em: < <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.2100>>. Acesso em: 15 jul. 2024

HEAP, I. **International Survey of Herbicide resistant Weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>> Acesso em: 08 jun. 2024.

HESS, F. D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: HERBICIDE ACTION COURSE, 1994, West Lafayette. **Summary of lectures...** West Lafayette: Purdue University, 1994. p. 10-23.

HICKS, H.L., Comont, D., Coutts, S.R. et al. The factors driving evolved herbicide resistance at a national scale. **Nat Ecol Evol** 2, 529–536 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0470-1>

HOLM, LeRoy G. et al. The world's worst weeds. Distribution and biology. 1977.

HRAC. **Comitê de ação a resistência aos herbicidas**. Disponível em: <https://www.hrac-br.org/post/capim-p%C3%A9-de-galinha-saiba-mais-sobre-essa-planta-daninha>. Acesso em: 08 de Jun. 2024.

HUGO DE ALMEIDA DAN et al., Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **PORTAL UFERSA**. 2011.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. **Dados de consumos de defensivos agrícolas no Brasil**. Dezembro de 2023.

INOUE, M. H. et al. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Scientiarum, Maringá**, v. 30, n. 1, p. 631-638, 2008.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, v.2, p.45-74, 1999.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KRÄHMER, Hansjörg et al. What makes a molecule a pre-or a post-herbicide—how valuable are physicochemical parameters for their design?. **Pest Management Science**, v. 77, n. 11, p. 4863-4873, 2021. Disponível em: <<https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.6535>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

LOPES OVEJERO, R. F. et al. Residual herbicides in weed management for glyphosate-resistant soybean in Brazil. **Planta Daninha**, v. 31, p. 947-959, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/qgZ773DKCr5PHVt3tQRP7cB/?format=html&lang=en>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MA, Xiao Yan et al. Goosegrass (*Eleusine indica*) density effects on cotton (*Gossypium hirsutum*). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 9, p. 1778-1785, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311915610589>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MARCELO HIROSHI HIRAKURI. Perdas econômicas geradas por estresses bióticos e abióticos na produção brasileira de soja no período 2016-2020. **Embrapa Soja**, 2021.

MARTÍNEZ-NÚÑEZ, Marcelino. et al. The phenological growth stages of different amaranth species grown in restricted spaces based in BBCH code. **South African Journal of Botany**, v. 124, p. 436-443, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629919303801>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MATTE, W. D. Atividade residual de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja sobre o algodoeiro cultivado em sucessão. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso Câmpus Universitário de Sinop, Sinop, 2017.

MATTE, W. D. et al. Residual activity of sulfentrazone applied to soybean on cotton crop in succession. **Planta Daninha**, v. 37, p. e019187015, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/qWytg8f9Dj3DPqrzj6MtCtC/?lang=en&format=html#>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MAURO ANTÔNIO RIZZARDI et al., Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p 707-714, 2001.

MELO, Marcel Sereguin Cabral et al. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195-203, 2012. Disponível em: <<https://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/145>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MUKHTAR, Ahmad et al. Current status and challenges in the heterogeneous catalysis for biodiesel production. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 157, p. 112012, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121012752>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MUELLER, Thomas C. et al. Glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) confirmed in Tennessee. **Weed Science**, v. 59, n. 4, p. 562-566, 2011. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/glyphosateresistant-goosegrass-eleusine-indica-confirmed-in-tennessee/FDFE62ADC1C06FECFB9F259898D95E3E>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

CORREIA, N. M.. Comportamento dos Herbicidas no Ambiente. **ISSN 1415-2312**  
**Julho**, DOC 160 2018

OLIVEIRA JR., R. S. et al. Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutole no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 733-740, 2006.

OLIVEIRA JR., R. S. et al. Sorption-Desorption of Aminocyclopyrachlor in Selected Brazilian Soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n.2, p. 1103-1112, 2011.

OVEJERO, R. F. L. et al. Residual herbicides in weed management for glyphosate-resistant soybean in Brazil. **Planta Daninha**, v. 31, p. 947-959, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/qgZ773DKCr5PHVt3tQRP7cB/?format=html&lang=en>>. Acesso em 15 fev. 2024.

PATEL, F. Eficiência agrônômica e persistência de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. 2018. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

PATTERSON, D.T. Effects of environmental stress on weed/crop Interactions. **Weed Science**, Champaign, v.43, n.3, p.483-490, 1995.

PEDROSO, Rafael Munhoz; NETO, Roberto Costa Avila; NETO, Durval Dourado. A aplicação de herbicidas pré-emergentes na modalidade plante-e-aplique favorece o controle de caruru e poaia-branca na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 1, 2020.

PETERSON, Mark A. et al. The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. **Pest management science**, v. 74, n. 10, p. 2246-2259, 2018. Disponível em: <<https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.4821>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. In: PIMENTEL, D.; PESHIN, R. (Ed.). **Integrated Pest Management: pesticide problems**. New York: Springer, 2014. v. 3, p. 47-71.

RADOSEVICH, R.S.; HOLT, J.S.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3ed. New York:Wiley, 2007. 475p.

RANGANI, Gulab et al. Mechanism of resistance to S-metolachlor in Palmer amaranth. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 652581, 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/journals/plantscience/articles/10.3389/fpls.2021.652581/full>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

RIZZARDI MA, ROCKENBACH AP, SCHNEIDER T. Residual herbicides increase the period prior to interference in soybean cultivars. **Planta daninha**. 2020; 38: e020222194. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100091>

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6,ed. Londrina: IAPAR, p.697, 2011.

SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 83-139.

SANTO, L. E. S. Lixiviação de Pendimetalina e Trifluralina em solo submetido à simulações de precipitações pluviométricas. **Universidade de Santiago de Compostela**. 2019

SANTOS, J.B e CURY, J. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, p. 1159-1171, 2011

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. **Prognóstico Agropecuário**. 2022.

SENSEMAN, S. A. et al. **Herbicide handbook**. Lawrence, US: Weed Science Society of America, 2007. 458p.

SIKKEMA, Peter H.; SHROPSHIRE, Christy; SOLTANI, Nader. Response of dry bean to pre-plant incorporated and pre-emergence applications of S-metolachlor and fomesafen. **Crop Protection**, v. 28, n. 9, p. 744-748, 2009. Disponível em : <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219409001288>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

SOMERVILLE, Gayle J. et al. Why was resistance to shorter-acting pre-emergence herbicides slower to evolve?. **Pest management science**, v. 73, n. 5, p. 844-851, 2017. Disponível em: <<https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.4509>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SOLTANI, Nader et al. Response of dry bean to sulfentrazone plus imazethapyr. **International Journal of Agronomy**, v. 2014, n. 1, p. 287908, 2014. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2014/287908>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SOLTANI, Nader et al. Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America. **Weed Technology**, v. 31, n. 1, p. 148-154, 2017. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/perspectives-on-potential-soybean-yield-losses-from-weeds-in-north-america/839B31C6771865071E6956BAEFC0F076>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

TAKANO, Hudson Kagueyama et al. Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 547-554, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/bpZ3B86qqcg6wsYJ8rmwQ5x/>>. Acesso em: 20 fev. 2024 (a)

TAKANO, Hudson Kagueyama et al. Growth, Development and Seed Production of Goosegrass1. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 249-258, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/ghDFZ8G4XGG5wF8rjWYvcsm/?lang=en>>. Acesso em: 15 fev. 2024 (b)

TAYLOR-LOVELL, Sarah; WAX, Loyd M.; BOLLERO, German. Preemergence flumioxazin and pendimethalin and postemergence herbicide systems for soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 16, n. 3, p. 502-511, 2002. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/preemergence-flumioxazin-and-pendimethalin-and-postemergence-herbicide-systems-for-soybean-glycine-max/F6EB006870DE8222B59947E3ADC859EE>>. Acesso em 15 jul. 2024.

TEREZA, Grombone-Guaratini Maria et al. Chromosomal studies of three species of *Bidens* (L.)(Asteraceae). **Caryologia**, v. 59, n. 1, p. 14-18, 2006. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00087114.2006.10797892>> . Acesso em: 15 jul. 2024.

THEISEN, G. Aspectos botânicos e relato a resistência de nabo silvestre aos herbicidas inibidores de ALS. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2008, 26 p. (Documento 239). Acesso em: 8 jun 2024.

ZHAO, Zhao TuanJie; GAI, JunYi. The origin and evolution of cultivated soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Scientia Agricultura Sinica**, v. 37, n. 7, p. 954-962, 2004. Disponível em: <<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20043144596>>. Acesso em 15 fev. 2024

UMBURANAS, Renan Caldas et al. Changes in soybean cultivars released over the past 50 years in southern Brazil. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 508, 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-021-04043-8>>. Acesso em: 15 fev. 2024

VARSHA, N. et al. Relative density of weeds and weed indices as influenced by weed control options in cotton. **Indian Journal of Weed Science**, v. 51, n. 1, p. 86–91, 2019. Disponível em: < [https://isws.org.in/IJWSn/File/2019\\_51\\_Issue-1\\_86-91.pdf](https://isws.org.in/IJWSn/File/2019_51_Issue-1_86-91.pdf)>. Acesso em> 10 jun. 2024

VENCILL, William K. et al. Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. **Weed Science**, v. 60, n. SP1, p. 2-30, 2012. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/herbicide-resistance-toward-an-understanding-of-resistance-development-and-the-impact-of-herbicide-resistant-crops/1A9433257A97A1C8416B7AFB3A8BC61A>>. Acesso em: 10 fev. 2024

VOLL, Elemar. Efeitos de ácido ferúlico em interações com densidades de soja e caruru. **Planta daninha**, v.11, p.9-14, 1993. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/pd/a/S9N3XSyh9XvzCSRSJqQWT9G/?format=html&lang=pt> >. Acesso em: 20 ago. 2024.

WALSH, Kimberly D. et al. Weed control in soybean with imazethapyr applied alone or in tank mix with saflufenacil/dimethenamid-P. **Weed Science**, v. 63, n. 1, p. 329-335, 2015. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/weed-control-in-soybean-with-imazethapyr-applied-alone-or-in-tank-mix-with-saflufenacildimethenamidp/F9CD3FE2FAAF6CDED1EF9EFE9F710049>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

MATTE, W. D; OLIVEIRA, R. S. CONSTANTIN, J.; MENDESA, R. Controle de capim-amargoso após a aplicação de herbicidas em pré- emergência em solo com níveis crescentes de palhada de soja e milho. **Weed Control Journal**. January 2022. DOI:10.7824/wcj.2021;20:00729

XIA, GuoJun et al. Preliminary study on competition between soybean and goosegrass. **Soybean Science**, v. 16, n. 4, p. 352-3541, 1997. Disponível em: < <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19982301661>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ZACHARIAS ,W.L.F.T.,PIERRO,P.H.C.,OLIVEIRA,G.M.P.,BOVO,R.F., ZARELLI, L. G., & GALAZEN, G. (2021). Weed control and soybean agronomic performance in response to the application of sulfentrazone + diuron in pre-emergence. **Colloquium Agrariae**, 17(3), 70–82.

ZANDONÁ, Renan R. et al. Economic threshold of smooth pigweed escaped from a herbicide program in roundup ready® soybean. **Advances in Weed Science**, v. 40, n. spe2, p. e20210011, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aws/a/fNzCpWfwgr3w8NPwJzdzW7M/?lang=en>>. Acesso em: 20 jan. 2024.