

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**SENSIBILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA A
SULFENTRAZONE + DIURON APLICADO EM SOLO COM E
SEM PALHA**

Raquel Alice Guadgnin

Passo Fundo

2022

Raquel Alice Guadgnin

SENSIBILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA A SULFENTRAZONE + DIURON
APLICADO EM SOLO COM E SEM PALHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientador:
Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi

Passo Fundo

2022

CIP – Catalogação na Publicação

G897s Guadgnin, Raquel Alice
Sensibilidade de cultivares de soja a sulfentrazone + diuron
aplicado em solo com e sem palha [recurso eletrônico] / Raquel Alice
Guadgnin. – 2022.
631 KB ; PDF.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo
Fundo, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi.

1. Soja. 2. Palha - Utilização na agricultura. 3. Plantas - Efeito
dos herbicidas. 4. Toxicologia. 5. Ervas daninhas -
Controle. I. Rizzardi, Mauro Antônio, orientador. II. Título.

CDU: 633.34

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



PPGAgro
Programa de Pós-Graduação
em Agronomia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

"Sensibilidade de cultivares de soja a sulfentrazone + diuron aplicado em solo com e sem palha"

Elaborada por

Raquel Alice Guadgnin

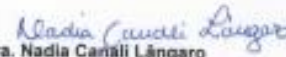
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestra em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

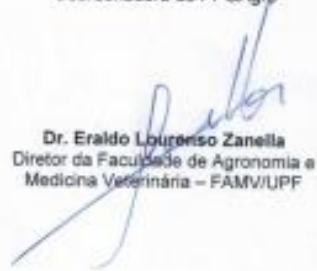
Aprovada em: 13/05/2022
Pela Comissão Examinadora


Dr. Mauro Antonio Rizzardi
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador - UPF


Dr. Leandro Galon
Examinador externo
UFFS


Dr. Edson Campanhóla Bortoluzzi
Examinador interno
FAMV - UPF


Dra. Nadia Canali Lângaro
Coordenadora do PPGAgro


Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor da Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária - FAMV/UPF

DEDICATÓRIA

A Deus.

Aos meus pais Délcio Guadgnin e Marleide Guadgnin.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção e pela coragem para superar os momentos difíceis, que às vezes até pareciam impossíveis de serem vencidos.

A mim mesma, por nunca desistir dos meus sonhos e buscar sempre aprender e evoluir diante dos desafios da vida.

Aos meus pais Délcio e Marleide Guadgnin, por terem me ensinado a amar a agricultura e, acima de tudo, me ensinado sobre os valores da vida, possibilitando que me tornasse quem sou hoje. Gratidão pai e mãe por me concederem a existência.

A minha irmã Adriana Guadgnin por sempre estar ao meu lado me apoiando.

À UPF e à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

À CAPES, pela concessão da bolsa do curso do mestrado.

Ao orientador, Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação.

Aos meus colegas e amigos que estiveram presentes nesta caminhada, tornando-a mais leve.

Gratidão!

“Tudo parece impossível até que seja feito”
Nelson Mandela

RESUMO

GUADGNIN, Raquel Alice. Sensibilidade de cultivares de soja a herbicidas pré-emergentes. [69] f. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2022.

A soja é uma das principais culturas produzidas no mundo e no Brasil, sendo muitos os fatores abióticos e bióticos que podem ocasionar prejuízos. Dentre os fatores bióticos destaca-se como muito problemática a interferência ocasionada pelas plantas daninhas que além de elevar os custos de produção demonstram dificuldades de controle em razão da resistência ou tolerância a herbicidas. Uma das alternativas de controle na atualidade é o uso de herbicidas pré-emergentes ou mesmo a mistura desses, como é o caso do sulfentrazone + diuron. Porém, apesar dos aspectos positivos da mistura destes produtos, é fundamental que essa combinação não afete a germinação, o crescimento e o desenvolvimento da soja. A partir desta observação de possível sensibilidade da cultura a esses produtos, há a necessidade de se testar a veracidade desta hipótese em cultivares frequentemente semeadas no Rio Grande do Sul. Objetivou-se com o trabalho estudar a sensibilidade de cultivares de soja à mistura formulada de sulfentrazone + diuron. Os experimentos foram em laboratório e na área experimental da Universidade de Passo Fundo – UPF. No experimento realizado em laboratório foram testadas as cultivares de soja, BMX Ativa, DM5958, M5917 e TMG7062, expostas as concentrações (0; 0,1; 1,0; 5,0; 10; 25 e 50 mg.L⁻¹) da mistura de sulfentrazone + diuron em delineamento inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 4 x 7, com quatro repetições. Observou-se que há sensibilidade das cultivares de soja à mistura de sulfentrazone + diuron aplicado em pré-emergência da cultura. Já no estudo de campo, foram testadas as mesmas cultivares do estudo de laboratório, porém, com doses da mistura de sulfentrazone + diuron diferentes das do estudo anterior (0; 0,7; 1; 1,2; 1,4; 1,6 e 1,8 L.ha⁻¹), arranjado em parcelas sub-subdivididas, sendo na parcela alocado os manejos (com e sem palha), na sub-parcela as cultivares e nas sub sub-parcelas as doses do herbicida. As avaliações foram fitotoxicidade visual, emergência da cultura, altura de planta, índice de área foliar, biomassa, componentes de rendimento de grãos e rendimento de grãos. A cultivar que se mostrou menos sensível à mistura do herbicida, independente da dose e do manejo de solo, com ou sem palha, quanto a produtividade de grãos, foi a DM5958. Portanto conclui-se que a seletividade é dependente de diversos fatores, dinâmica do herbicida no ambiente, características físico-químicas do herbicida e capacidade biológica das plantas de metabolização.

Palavras-chave: 1. *Glycine max*. 2. Diuron. 3. Herbicidas pré-emergentes. 4. Seletividade. 5. Fitotoxicidade.

ABSTRACT

GUADGNIN, Raquel Alice. Sensibilidade de cultivares de soja a herbicidas pré-emergentes. [70] f. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2022.

Soybean is one of the main crops, with many recorded abiotic and biotic factors that can create occasions. Among the factors that make resistance or tolerance to herbicides stand out, plants with problems of resistance or tolerance to herbicides stand out. One of the current control alternatives is the use of pre-emergent herbicides or even a mixture of these, such as sulfentrazone + diuron. However, despite the positive aspects of these products, it is essential that it does not affect the germination, growth and development of soybeans. From this observation of sensitivity of the culture to these products, there is a need to test the veracity of this hypothesis in cultivars frequently sown in Rio Grande do Sul. The objective of this work was to study the sensitivity of soybean cultivars to the formulated mixture of sulfentrazone + diuron. The experiments were carried out in the laboratory and in the experimental area of the Univerisade de Passo Fundo – UPF. In the experiment carried out in the laboratory, BMX Ativa, DM595 and TMG7062 were tested as soybean cultivars, exposed as Oper (0; 0.1; 1.0; 5.0; 10; 25 and 50 mg.L⁻¹) of the mixture of sulfetrazone diuron in a completely randomized design, arranged in a factorial scheme x 7, with four replications. Note that soybean cultivars are sensitive to a mixture of sulfentrazone + diuron applied pre-emergence of the crop. In the field study of the different study, cultivars were tested in the same way, however, with doses of the mixture of sulzone study + diuron previous study (0; 0.7; 1; 1.2; 1.4; 1, 6 and 1.8 L.ha⁻¹), arranged in sub-divided plots, in the plot allocated the managements (with and without straw), in the sub-plot the cultivars and in the sub-plots the doses of the herbicide. As estimates were visual phytotoxicity, crop emergence, plant height, leaf area index, biomass, grain yield components and grain yield. As a cultivar that was less sensitive to the herbicide mixture, regardless of the dose and soil management, or without straw, for grain yield, it was DM5958. Therefore, it is concluded that the selectivity is dependent on several factors, dynamics of the herbicide in the environment, physical-chemical characteristics of the herbicide and biological capacity of plants to metabolize.

Key words: 1. *Glycine max.* 2. Diuron. 3. Pre-emergent herbicides. 4. Selectivity. 5. Phytotoxicity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1	<i>Cultura da Soja (Glycine max)</i>	12
2.2	<i>Plantas Daninhas</i>	13
2.3	<i>Herbicidas pré-emergentes</i>	15
2.4	<i>Dinâmica dos herbicidas no ambiente</i>	16
2.5	<i>Interação dos herbicidas com a palha</i>	20
2.6	<i>Herbicida Pré-emergente (Sulfentrazone + Diuron)</i>	21
2.7	<i>Seletividade da soja ao herbicida Sulfentrazone + Diuron</i>	23
3	CAPÍTULO I	26
3.1	<i>Resumo</i>	26
3.2	<i>Introdução</i>	26
3.3	<i>Material e Métodos</i>	28
3.4	<i>Resultados e Discussão</i>	29
3.5	<i>Conclusões</i>	31
4	CAPÍTULO II	33
4.1	<i>Resumo</i>	33
4.2	<i>Introdução</i>	33
4.3	<i>Material e Métodos</i>	34
4.4	<i>Resultados e Discussão</i>	38
4.5	<i>Conclusões</i>	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
6	CONCLUSÃO GERAL	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES	67
	<i>Apêndice I</i>	68
	<i>Apêndice II</i>	69

1 INTRODUÇÃO

A soja é a oleaginosa mais importante do mundo, destacando o Brasil como o maior produtor e exportador deste grão. O Brasil cultiva 38 milhões de hectares e exporta os grãos e outros produtos do complexo da soja para sessenta e cinco países, tendo em vista que 51% destes produtos no mundo são provenientes das lavouras brasileiras (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2021). Desse modo a cultura da soja apresenta importância econômica para o Brasil e o mundo. Para suprir esta demanda, é fundamental que a ciência e a tecnologia estejam aliadas, buscando aprimorar o manejo adotado pelos produtores rurais em suas lavouras.

Portanto, assim como outros cultivos agrícolas, essa cultura pode sofrer interferência durante o seu ciclo de desenvolvimento de fatores bióticos e/ou abióticos. Um exemplo de interferência por fator biótico são as plantas daninhas, de maneira que elas competem por água, luz e nutrientes, impedindo que a cultura expresse todo seu potencial. Os componentes de rendimento da cultura são afetados diretamente pela redução da disponibilidade desses recursos para a cultura (SILVA et al., 2008). E ao longo dos anos e à medida que a agricultura foi se tecnificando, as plantas daninhas foram evoluindo, e tornando-se cada vez mais competitivas e de difícil controle.

Visando aumentar a sustentabilidade do sistema de produção, aplicações sequenciais de herbicidas, misturas e rotações de mecanismos de ação, contribuem para a efetividade no controle das plantas daninhas e também para a redução do banco de sementes (BECKIE, 2011). Portanto, torna-se necessárias estratégias de controle de plantas daninhas no sistema de produção, com aplicações de herbicidas pré e pós-emergentes (GUBIANI et al., 2021). Os herbicidas pré-emergentes são uma ferramenta eficaz para a redução de plantas daninhas resistentes ou de difícil controle (MUELLER et al., 2014). Aplicado no início do ciclo da cultura tem como objetivo evitar a

matocompetição inicial e eliminar as plantas daninhas na fase de plântula (RAIMONDI et al., 2011).

Em relação a seletividade e efeito residual, há variações conforme a dose utilizada, características físico-químicas da molécula do herbicida, além das propriedades do solo, como textura, matéria orgânica, pH, capacidade de retenção de água, atividade microbiológica (RAIMONDI et al., 2011). Outro fator importante é a cobertura de solo com palhada, que é uma excelente ferramenta no manejo integrado de plantas daninhas, porém pode afetar a dinâmica dos herbicidas no ambiente, atuando como uma barreira de retenção (PATEL, 2018).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cultura da Soja (*Glycine max*)

A soja é um dos principais produtos comercializados no mercado internacional, sendo o Brasil o maior produtor mundial deste produto, com uma área semeada na safra 2020/2021 totalizando 38,9 milhões de hectares, com uma produtividade de 135,409 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2021). De acordo com a CONAB (2021), a estimativa para esta safra 21/22 é que haja um crescimento da produção de soja em torno de 14,2%, quando comparado com o último ano, uma vez que a área semeada tende a passar de 38,9 milhões para 39,91 milhões de hectares. Além de haver crescimento de cultivo no Brasil, devido ao uso de tecnologias, também ocorreu o aumento na produção mundial nos últimos anos, devido a maiores investimentos em tecnologia, como sementes geneticamente modificadas, uso de fertilizantes, entre outros (USDA, 2017).

O Brasil apresenta uma das maiores médias de produtividade de soja do mundo, com 3.500 kg ha⁻¹. Essa produtividade está diretamente ligada aos níveis de adoção de

tecnologias que impactam nos custos de produção. A demanda global deve favorecer o desenvolvimento constante da produção de soja, aumentando cada vez mais o consumo do grão no mundo, impulsionado pelo crescimento da população mundial e pelo aumento de sua renda. Assim, estima-se que a população, conseqüentemente, passará a consumir maior quantidade de alimentos e optar por alimentos mais elaborados, como as proteínas animais, criando demanda indireta pela soja (um dos principais insumos na produção animal). Com isso, pode-se perceber o quão importante é essa cultura, tanto para a produção de alimentos, quanto para a geração de empregos e para a economia mundial (FERNANDES; NEVES, 2018).

2.2 Plantas Daninhas

Desde o início da agricultura e da pecuária, plantas que infestavam espontaneamente áreas de ocupação humana e não tinham nenhum valor alimentício eram consideradas indesejáveis. Em termos botânicos, essas plantas são consideradas plantas evolutivas, pois são adaptadas a ocuparem espaços onde a vegetação original foi drasticamente alterada (PITELLI, 2015). Os termos “plantas invasoras”, “plantas daninhas” e “ervas daninhas” referem-se a toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada (OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Juntamente com a expansão das áreas agrícolas, houve a expansão geográfica das plantas daninhas e a paulatina evolução dessas plantas nas áreas de atividade antrópica. Portanto, as táticas empregadas no controle dessas plantas, obrigatoriamente, estão em constante evolução. E, à medida que a própria tecnologia agrícola evolui, as plantas daninhas se tornam cada vez mais especializadas e eficazes na ocupação do agroecossistema (PITELLI, 2015).

Todas as plantas demandam uma quantidade adequada de recursos essenciais para completar o seu ciclo, como luz, água, nutrientes e espaço. No entanto, quando há uma quantidade elevada de plantas ocupando o mesmo espaço no qual a disponibilidade de recursos é limitada, se estabelece um processo de competição. Ao ocorrer uma competição entre planta daninha e cultura, é sabido que esse processo é nocivo para os

dois lados, porém, as plantas cultivadas são mais sensíveis à competição devido ao constante processo de melhoramento ao qual são submetidas. E, por outro lado, as plantas daninhas mantiveram as suas características de agressividade e rusticidade que lhes conferem vantagem ao longo deste processo (CONSTANTIN; OLIVEIRA JR.; OLIVEIRA NETO, 2013).

Dentre os métodos utilizados para o controle das plantas daninhas, o que mais se destaca é o uso de herbicidas, isso ocorre por que o controle químico, na maioria das vezes, é eficiente, tem um custo atrativo e é um método prático. Porém, o uso repetido desta técnica vem selecionando indivíduos resistentes a alguns grupos químicos que estão disponíveis no mercado (SILVA et. al., 2007b). A resistência é a capacidade adquirada 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 (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003). Assim sendo a resistência de plantas daninhas, um dos maiores desafios da agricultura atual, elevando os custos de produção, sendo que podem aumentar em até 290% no que diz respeito ao controle de plantas daninhas (EMBRAPA, 2017).

Nas décadas de 70 e 80, os herbicidas pré-emergentes eram a principal forma de manejo das plantas daninhas, pelo fato de haver poucos produtos seletivos para serem aplicados em pós-emergência na soja. Porém, nos anos 2000, houve a introdução da soja resistente ao glifosato e o uso dos herbicidas pré-emergentes reduziu drasticamente. Nos últimos anos, o cenário de plantas daninhas se modificou no que tange a sua resistência, surgiram plantas resistentes a diferentes mecanismos de ação e os herbicidas pré-emergentes ressurgem como uma boa opção de manejo. Isso porque permitem a diminuição do primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas e, conseqüentemente, diminuem a pressão de plantas na pós-emergência da soja (RIZZARDI, 2020).

Dentre as várias estratégias de manejo para evitar a resistência de plantas daninhas, destaca-se a utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação em rotação, realização de aplicações sequenciais e o uso de misturas formuladas de herbicidas

(OWEN; ZELAYA, 2005). Portanto, a necessidade de controlar plantas daninhas durante longos períodos e a dificuldade do controle em pós-emergência, faz dos herbicidas com efeito residual umas das principais ferramentas de manejo, além de permitirem a rotação de mecanismos de ação.

2.3 Herbicidas pré-emergentes

Na atualidade ao se cultivar soja há necessidade da aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas, a fim de se evitar perdas por competição. Essa dependência deve-se ao fato do controle químico acarretar em um manejo simples e eficaz de plantas daninhas (SIMÃO; CASIMIRO, 2017). Contudo, o uso de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja é uma ferramenta eficaz na redução de plantas daninhas de difícil controle ou com histórico de resistência, porém deve ser utilizado um herbicida com mecanismo de ação diferente daquele que a planta possui resistência (MUELLER et al., 2014). O uso no início do ciclo da cultura tem como objetivo eliminar as plantas daninhas quando ainda são plântulas, permitindo, assim, o desenvolvimento inicial da cultura livre da presença de plantas daninhas, que em alguns casos pode causar a redução de rendimento de até 6,45 kg/ha ao dia (RAIMONDI et al., 2011).

A utilização destes herbicidas possui um efeito prolongado ou efeito residual, que determina a eficiência no controle de plantas daninhas durante o período crucial de competição no estabelecimento da cultura (DAN et al., 2010). A escolha de um herbicida deve levar em consideração aspectos técnicos e econômicos, como eficiência, seletividade para a cultura, efeito residual, janela de aplicação e custo. Além disso, também deve-se analisar sob quais condições o cultivo será semeado (quantidade de palha presente no solo), as características climáticas e do solo (CARBONARI, 2016).

Para obter a eficiência esperada dos herbicidas pré-emergentes no controle das plantas daninhas, é de fundamental importância conhecer os processos envolvidos desde o momento da aplicação, sua dinâmica sobre resíduos vegetais, como por exemplo quantidade de palha, que pode alterar o comportamento do produto e a sua eficácia, até os herbicidas ao interagirem com o solo. Assim, a eficácia sobre as plantas daninhas na

cultura não depende somente das características físico-químicas do herbicida, mas também dos atributos do solo, fatores ambientais, práticas adotadas ao sistema de produção e a interação destes fatores.

2.4 Dinâmica dos herbicidas no ambiente

Independente da forma como será aplicado, o destino de uma parte dos herbicidas é o solo. Após a aplicação, diversos processos físicos, químicos e biológicos determinam seu comportamento no ambiente, como, processos de retenção (adsorção, absorção), transformação (degradação por fatores bióticos ou abióticos) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação, escoamento superficial) ou pelas interações entre os processos (CARBONARI, 2016). Todos esses processos podem ocorrer simultaneamente no solo, assim, o que determina o comportamento do herbicida no controle de plantas daninhas e a eficácia da seletividade do produto é a intensidade com que cada um desses processos ocorre (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003).

Algumas características físico-químicas dos defensivos agrícolas, juntamente com as condições ambientais e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, determinam a dinâmica destes produtos posteriormente a aplicação. Destacando que essas características são específicas para cada produto e o seu conhecimento é fundamental para o sucesso da sua utilização. Ao entrar em contato com o solo, os herbicidas podem sofrer diversos processos, que podem ser agrupados em três categorias: (1) processos de sorção; (2) transformação ou degradação; e (3) transporte (SPADOTTO, 2002).

O processo de sorção refere-se à retenção do herbicida à fase sólida do solo, ou seja, a forma indisponível do herbicida na solução solo (KOSKINEN; HARPER, 1990). Para tanto, é necessário que o herbicida esteja na solução do solo para que ele possa ser absorvido pela planta. E, para o herbicida retornar à solução do solo, e ficar disponível novamente, é necessário que ocorra o processo de dessorção, ou seja, o processo inverso da sorção (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003).

O comportamento dos herbicidas pré-emergentes no solo também é dependente dos atributos do solo (textura, teor de matéria orgânica, pH e capacidade de troca de cátions), das condições ambientais (umidade, temperatura, luminosidade e chuvas) e da interação desses fatores com as propriedades físico-químicas das moléculas de herbicidas. Em solos com maiores teores de argila há uma maior capacidade de sorção do herbicida nos coloides do solo devido a sua alta superfície específica (SE), capacidade de troca de cátions e capacidade de troca de ânions (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003).

Além disso, a capacidade de retenção das moléculas de herbicida em solos argilosos é dependente da constituição da fração argila. Em regiões tropicais úmidas, predominam óxidos de ferro e alumínio e os minerais silicatados do tipo 1:1, já em clima temperado há predomínio dos minerais do tipo 2:1 (OLIVEIRA, 2001). As notações 2:1 e 1:1 dos minerais silicatados referem-se à proporção entre lâminas de tetraedros de silício e octaedros de alumínio. Em solos com minerais 1:1, a força de ligação entre as lâminas tetraedrais e octaedrais é muito forte, não havendo a possibilidade de retenção de íons e moléculas (herbicida) nas superfícies internas, apenas podendo haver retenção nas superfícies externas. Já em minerais 2:1, a força de ligação entre as lâminas é baixa, permitindo a retenção de íons e moléculas nestes espaços. Por esse motivo, os minerais 2:1 apresentam maior superfície específica (SE) do que os minerais do tipo 1:1 e, portanto, maior capacidade de retenção das moléculas de herbicidas nos coloides de solos constituídos por esses minerais (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003).

No entanto, o comportamento dos herbicidas pré-emergentes pode ser influenciado por diversos fatores, provenientes dos componentes do solo e também dos componentes da molécula do próprio produto (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003). E, portanto, o conhecimento destas características tem grande relevância para o sucesso na utilização destes herbicidas (PROCÓPIO et al., 2003). Entre as características que regem o comportamento dos herbicidas no solo, as mais importantes são: solubilidade em água, constante de ionização de um ácido ou base fraca (pKa), coeficiente de partição octanol-água (Kow) e pressão de vapor (CARBONARI, 2016).

A solubilidade em água de uma molécula de herbicida é caracterizada pela quantidade desse herbicida dissolvido em água a uma determinada temperatura. Essa característica indica a proporção do produto que poderá estar disponível na solução do solo, apta a ser absorvida pelas plântulas. Então, quanto maior a solubilidade, maior a afinidade do produto pela água. Destacando que alguns herbicidas contêm grupos funcionais ionizáveis que apresentam solubilidade em água dependente de pH (OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

As constantes de ionização ácido/base, pKa ou pKb, representam a tendência de ionização das moléculas em uma determinada faixa de valores de pH, ou seja, quando o pH for igual ao pKa as concentrações dissociadas (ionizadas) e não dissociadas (não ionizadas) são iguais. Esse parâmetro mostra o valor de pH em que as formas dissociadas e não dissociadas do herbicida ocorrem em iguais proporções (PROCÓPIO et al., 2003).

A proporção da dissociação de um herbicida determina não somente a movimentação dele na planta, mas também a sorção, a mobilidade e desativação no solo e na água. Portanto, o grau de ionização das moléculas influencia a adsorção ou retenção dos herbicidas nos colóides orgânicos e minerais do solo, processo esse que tem total ligação com a degradação, persistência e a disponibilidade das moléculas a serem absorvidas pelas raízes (SILVA et al., 2007b).

O coeficiente de partição (Kow) representa a afinidade que uma molécula de herbicida tem a lipídios, ou seja, quanto maior o valor de Log de Kow, maior será a afinidade e a probabilidade de um herbicida ficar retido a lipídios e à matéria orgânica do solo (VASSIOS, 2012). Já a pressão de vapor é uma medida que termina a probabilidade de um herbicida se perder em forma de gás na atmosfera. Ou seja, quanto maior a pressão de vapor do herbicida, maior será seu grau de volatilização e maiores as chances de perdas para a atmosfera (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

O comportamento dos herbicidas no solo é totalmente influenciado pelo ambiente, especialmente pelas características do solo e pela umidade. A quantidade de herbicida presente na solução do solo é proporcional ao conteúdo de água que há no solo. Em

condições de estiagem, há menor quantidade de herbicida presente na solução do solo e, conseqüentemente, menor absorção pelas plantas. No entanto, quando a umidade no solo é restabelecida, ocorre a dessorção do herbicida, que retorna à solução do solo (HARTZLER, 2002).

Em um trabalho realizado com sulfentrazone, observou-se que a disponibilidade do herbicida na solução do solo foi influenciada pela umidade no solo no momento da aplicação, sendo esta menor quando aplicado em solo seco (RIZZI, 2003). Outros fatores que podem gerar reações aos herbicidas pré-emergentes quando em contato com o solo são a interceptação e a retenção pela palhada. Essa interferência é uma particularidade de cada herbicida, pois está relacionada com a solubilidade em água de cada molécula (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003). Diversos trabalhos têm demonstrado que uma chuva de 20 milímetros é suficiente para auxiliar no transporte do produto depositado sobre a palha até o solo (RODRIGUES et al., 2000).

Portanto, a sorção e a dessorção de herbicidas regulam a mobilização no solo, influenciando em diversos processos, como transporte, transformação e biodisponibilidade das moléculas. A eficácia do herbicida no controle das plantas daninhas e na seletividade está diretamente relacionada com todos esses fatores (OLIVEIRA, 2005).

Além da sorção por lipídios, colóides do solo, as moléculas de herbicida também possuem alta afinidade pela matéria orgânica do solo, por conta de serem de natureza orgânica, esse coeficiente que determina a sorção por carbono orgânico é chamado de Koc (WAUCHOPE et al., 2002). Verificou-se em solos com baixo teor de matéria orgânica e CTC efetiva o aumento de efeito fitotóxicos do s-metolachlor nas culturas e a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas (PROCÓPIO et al., 2001). O aumento da persistência dos herbicidas no solo amplia o efeito residual e o controle das plantas daninhas em pré-emergência, porém, há maior probabilidade de contaminação ambiental e os efeitos indesejados nas culturas, como a fitotoxicidade (LONG; ILI; WU, 2014).

2.5 Interação dos herbicidas com a palha

O uso da rotação de culturas, introdução de palha no sistema produtivo, traz muitos benefícios, como a manutenção da qualidade do solo, a redução de pragas, doenças e plantas daninhas, maiores rendimentos e o uso eficiente dos fatores de produção. Nas áreas agrícolas do Rio Grande do Sul é comum a semeadura de plantas de cobertura durante o inverno, promovendo a alta produção de matéria seca e deixando resíduos culturais no solo que poderão ser benéficos para a cultura sucessora (KRENCHINSKI et al., 2018).

A cobertura de palha atua como uma barreira física no solo, interceptando as moléculas de herbicidas aplicadas em pré-emergência, impedindo a chegada até o alvo, que é a solução do solo. Qualquer herbicida aplicado sobre a palhada torna-se vulnerável à fotodecomposição ou a volatilização, até que seja transportado para o solo. A fotodegradação dos herbicidas pode ser potencializada quando os herbicidas estão em contato com a palha, devido à maior exposição solar. A sorção das moléculas na cobertura morta também é um fator que pode reduzir a disponibilidade do mesmo no solo e afetar a atividade e a persistência desse composto na natureza (REDDY; LOCKE; GASTON, 1997).

A magnitude destes efeitos dependerá da quantidade de palha presente no solo, da retenção e degradação do herbicida depositado sob os restos culturais e também da ocorrência de chuvas após a aplicação, que facilita o transporte do produto até a solução do solo, onde ele irá atuar no controle das plantas daninhas (CARBONARI et al., 2016). Em um estudo feito com a aplicação de sulfentrazone sob diferentes quantidades de resíduos de cana-de-açúcar, avaliou-se a capacidade do herbicida atravessar as camadas de palha. O trabalho mostrou que uma lâmina de 20 mm, logo após a aplicação, promoveu a liberação máxima de sulfentrazone em relação à porcentagem aplicada, independentemente da quantidade de resíduo presente no solo (CARBONARI et al., 2016).

É essencial a ocorrência de chuva nas primeiras 24 horas após a aplicação do sulfentrazone, pois quanto maior o intervalo entre as chuvas e a aplicação, menor será a recuperação do herbicida na solução do solo. Em longos períodos de estiagem, a eficácia e o efeito residual podem ser comprometidos. Portanto, a dose do herbicida precisaria ser ajustada para compensar as perdas. No entanto, a sensibilidade das plantas daninhas alvo ao sulfentrazone e os aspectos relacionados à seletividade também devem ser considerados para evitar qualquer dano à cultura (CARBONARI et al., 2016).

2.6 Herbicida Pré-emergente (sulfentrazone + diuron)

O sulfentrazone, 2',4'-dichloro 5-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo1H-1,2,4-triazol-1-yl) methanesulfonamide, do grupo das triazolinonas, é um herbicida para aplicação preferencialmente em pré-emergência, controlando espécies de plantas daninhas, mono e dicotiledônea das culturas da cana-de-açúcar, soja, café e eucalipto (ROSSI; ALVES; MARQUES JÚNIOR, 2005). Age na planta inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), a qual faz parte da síntese da clorofila (DAYAN et al., 1997). Mais especificamente, atua na inibição da enzima PROTOX, causando acúmulo excessivo da protoporfirina IX, a qual reage com a luz solar no citoplasma produzindo radicais de oxigênio livres (SHANER, 2014). Isso ocasiona a ruptura das membranas celulares, levando ao vazamento do conteúdo celular, perda da função celular e morte da planta por conta dos radicais livres. As folhas de plantas sensíveis atingidas pelos inibidores da PROTOX tornam-se brancas ou cloróticas, murcham e necrosam em até dois dias após a aplicação (VIDAL, 1997).

A eficiência do sulfentrazone varia de acordo com o conteúdo de matéria orgânica, pH e teor de umidade do solo, fica mais sorvido em solos com maior teor de matéria orgânica, e sua lixiviação somente ocorre em solos com pH muito baixo (PASSOS et al., 2013). A faixa de solo com maior concentração do pré-emergente é de 0-10 cm, podendo haver variações conforme a quantidade de palha na superfície do solo (VIVIAN et al., 2006).

Ainda, possui uma alta solubilidade que permite alcançar o solo com pouca interferência da palha quando comparado com outros produtos (RODRIGUES et al., 2000; CARBONARI et al., 2016). Nos últimos anos, esse herbicida tem sido utilizado nos programas de manejo das plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS) e as enzimas 5-enolpiruvilshiquimato 3-fosfato sintase (EPSPS) (REILING et al., 2006). Como, por exemplo, o uso de sulfentrazone associado a glyphosate para o controle de buva (*Conyza* spp.), com o intuito de reduzir a pressão de seleção (KRAUSZ; YOUNG, 2003). Quando aplicado em pré-emergência, controla plantas daninhas de folha larga em soja (DAYAN et al., 1996). Além disso, o modo de ação do sulfentrazone é diferente daquele do glyphosate. Portanto, uma combinação de sulfentrazone e glyphosate para controle de plantas daninhas pode prevenir ou atrasar o estabelecimento de biótipos de espécies resistentes aos inibidores de EPSPs.

O herbicida diuron pertence ao grupo das uréias substituídas, que atuam na inibição do transporte de elétrons no fotossistema II, interrompendo a fotossíntese (RIZZARDI et al., 2004). Inibe a cadeia de transporte de elétrons da quinona A para a quinona B no fotossistema II, o que também leva ao acúmulo de oxigênio singlete, degradando a membrana e ocasionando o vazamento celular (COBB; READ, 2010). É um herbicida não-ionizável com grande retenção à matriz do solo e possui maior persistência em solos argilosos que arenosos, sendo a principal forma de degradação da molécula, a degradação microbológica, através da dissipação (DAMIN, 2005). A maior concentração deste herbicida está na camada de 0-5 cm do solo, devido a sua sorção ser proporcional ao teor de matéria orgânica do solo (INOUE et al., 2008). No entanto, o diuron é considerado pouco lixiviável em solos argilosos e possui moderada lixiviação em solos com baixos teores de argila e matéria orgânica (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

2.7 Seletividade da soja a mistura dos herbicidas sulfentrazone + diuron

Há vários fatores que limitam a produtividade de grãos da soja, porém, um dos fatores que tem grande relevância são as plantas daninhas, pela interferência causada na

cultura e pelo alto custo de controle, e esse problema se agrava ainda mais quando as plantas daninhas são resistentes (ADEGAS et al., 2017). Atualmente, existem 54 casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Portanto, manejar e prevenir o surgimento de novos casos é essencial (HEAP, 2022).

Um manejo importante dentro do método químico é o uso de misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação (BECKIE; HARKER, 2017). As misturas têm como característica a redução do número de operações, ampliação do espectro de ação, possibilidade de melhorar o controle em casos de sinergismo e a redução da pressão de seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas (BECKIE; REBOUD, 2009). Com esse objetivo, a indústria tem efetuado misturas formuladas de pré-emergentes, composta por herbicidas com diferentes mecanismos de ação, como por exemplo sulfentrazone + diuron (AGROFIT, 2021).

Apesar de o sulfentrazone e o diuron serem duas moléculas diferentes e com diferentes mecanismos de ação, um inibidor de PROTOX e outro do Fotossistema II, ambos culminam na peroxidação lipídica e degradação das membranas na presença de luz, levando à morte da célula. Com isso, essa mistura torna-se muito interessante, pois ocorre a produção de oxigênio singlete ao mesmo tempo, por duas rotas diferentes (HESS, 2000). Porém, apesar dos aspectos positivos da mistura destes produtos, é fundamental que essa combinação não prejudique a germinação, o crescimento e o desenvolvimento da cultura da soja. Embora na bula e no registro contém que esses herbicidas são seletivos para a soja quando aplicados em pré-emergência, a seletividade é algo variável e que depende de diversos fatores, como o tipo de solo, a cultivar, as condições ambientais e o uso da dose adequada (AGROFIT, 2021).

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico das plantas daninhas na agricultura, sendo considerada a resposta diferencial de plantas a um determinado herbicida. A seletividade é um fator relativo, pois é um nível diferencial de tolerância de plantas daninhas e cultura a um determinado tratamento e, quanto maior a tolerância da cultura ao herbicida, maior a segurança de aplicação (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2011). Ela está relacionada com diversos fatores como as características do

herbicida, o método de aplicação e as características das plantas (retenção, absorção, translocação, metabolização diferencial, dissipação de formas reativas de oxigênio reativo) (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2011; XAVIER, 2014).

Para os herbicidas inibidores da PROTOX, a seletividade em espécies tolerantes pode ocorrer por meio de vários mecanismos, como metabolização ou desintoxicação do herbicida pelas plantas (TREZZI; NUNES; PORTES, 2009). Ou também por absorção e translocação, sequestro do herbicida, concentração aumentada da enzima PROTOX mitocondrial ou aumento da atividade das enzimas e mecanismos que evitam o acúmulo de protoporfirina IX (XAVIER, 2014). No entanto, a absorção dos herbicidas inibidores da PROTOX é variável entre espécies de plantas, contudo, a translocação é limitada (TREZZI; NUNES; PORTES, 2009). No caso da tolerância ao sulfentrazone em soja, ela é atribuída à rápida metabolização do herbicida, sendo o mecanismo mais importante de tolerância de plantas cultivadas aos herbicidas inibidores da PROTOX (KISSMANN, 2014).

Problemas de sensibilidade de cultivares de soja são registrados com maior frequência quando se usam produtos em pré-emergência, comparativamente aos herbicidas aplicados em pós-emergência (GAZZIERO et al., 2005). No caso da aplicação de sulfentrazone em soja, a sensibilidade pode variar dependendo da cultivar (REILING et al., 2006). Isso se deve à tolerância diferencial ao estresse peroxidativo a cada cultivar (DAYAN et al., 1997). Porém, há uma falta de informações sobre a tolerância de cultivares de soja disponíveis no mercado brasileiro, e o trabalho mais recente avaliando a seletividade da molécula isolada de sulfentrazone foi o de 2005 (GAZZIERO et al. 2005). Tornan-se importante enfatizar que as cultivares avaliadas nesse trabalho não são mais comercializadas (GEHRKE; CAMARGO; AVILA, 2020).

Já em outro trabalho mais recente, onde foi avaliada a seletividade da mistura de sulfentrazone + diuron para a cultivar NS 6601 IPRO, constatou-se que houve uma inibição inicial da atividade fotossintética das plantas, porém, não ocorreu diferença significativa da testemunha (sem tratamento). Portanto, foi concluído que a mistura de

sulfentrazone + diuron é uma boa alternativa para manejo de plantas daninhas em pré-emergência e não causa fitotoxicidade à cultura da soja (FRANKLIN, 2021).

Tendo em vista que o uso de herbicidas pré-emergentes é uma estratégia de manejo para rotacionar modos de ação de herbicidas e reduzir a pressão de seleção das plantas daninhas, o estudo utilizando o herbicida sulfentrazone + diuron, tem como objetivo avaliar se há fitotoxicidade em cultivares de soja.

3 CAPÍTULO I

Sensibilidade de cultivares de soja a mistura dos herbicidas sulfentrazone + diuron

3.1 Resumo

A soja é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo e, assim como em outras culturas, ela pode ser acometida por diversos fatores, sendo um deles as plantas daninhas. Ao longo dos anos, as plantas daninhas foram evoluindo e tendo grande relevância pela sua interferência e alto custo de manejo. Uma das alternativas de controle eficiente é o uso de herbicidas pré-emergentes e também a mistura de duas moléculas diferentes deste herbicida, como é o caso do sulfentrazone + diuron. Porém, apesar dos aspectos positivos da mistura destes produtos, é fundamental que essa combinação não prejudique a germinação, o crescimento e o desenvolvimento da cultura da soja. Portanto, a partir disso, o objetivo deste trabalho foi testar a sensibilidade de cultivares de soja ao herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron. Este estudo foi realizado em laboratório, onde quatro cultivares (BMX Ativa, TMG7062, DM5958 e M5917) foram expostas a concentrações de sulfentrazone + diuron. O delineamento foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial, com quatro repetições. No fator A alocou-se as cultivares e no B as doses da mistura herbicida sulfentrazone + diuron. As avaliações foram feitas aos sete e quatorze dias após a semeadura dos cultivares, aos sete dias foi avaliado o grau de fitotoxicidade através de notas visuais e aos quatorze, a massa seca. Indiferente de qual concentração do herbicida as cultivares foram expostas, todas apresentaram um grau de fitotoxicidade quando comparadas com a testemunha. Indiferente de qual concentração, exceto a testemunha, a que as cultivares foram expostas, elas apresentaram algum grau de sensibilidade ao herbicida na avaliação por meio de notas visuais. O estudo confirma a hipótese de que há sensibilidade nos cultivares de soja ao herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron.

Palavras-chave: 1. Pré-emergente. 2. Cultivares. 3. *Glycine Max*. 4. Fitotoxicidade. 5. Matéria seca.

3.2 Introdução

A soja é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. Ela tem grande importância em diversas cadeias produtivas, gerando renda e alimento, que tem como característica principal o teor de proteína, para bilhões de pessoas (FERNANDES; NEVES, 2018). E, assim como outras culturas de lavoura, ela pode ser acometida por

vários fatores, sendo eles bióticos ou abióticos. Um dos fatores que tem grande relevância pela sua interferência e pelo custo para manejar são as plantas daninhas.

As plantas necessitam de espaço, recursos essenciais, luz, água e nutrientes para crescerem e se desenvolverem, desse modo completam seu ciclo e conseqüentemente irão produzir seus grãos ou sementes. No entanto, quando há uma grande quantidade de plantas ocupando o mesmo espaço, ocorre a competição e quem faz parte deste processo, geralmente, é planta daninha e a cultura, neste caso, a soja. Devido à elevada habilidade competitiva das plantas daninhas, geralmente elas levam vantagem na competição, o que conseqüentemente causa danos às culturas. Por esse motivo, as plantas daninhas necessitam serem controladas logo no início do desenvolvimento das culturas para evitar a perda de produtividade (CONSTANTIN; OLIVEIRA JR.; OLIVEIRA NETO, 2013).

Uma das alternativas para o controle mais eficiente é o uso de herbicidas pré-emergentes, pois possuem diferentes mecanismos de ação dos herbicidas utilizados em pós-emergência. Para se ter maior eficiência e aumentar o espectro de controle, a indústria começou a formular os herbicidas em misturas prontas para o uso, e muito corriqueiramente com diferentes mecanismos de ação, para facilitar também o manejo de plantas daninhas resistentes, e um exemplo disso é o sulfentrazone + diuron (AGROFIT, 2021).

O sulfentrazone + diuron é um herbicida eficiente no controle das plantas daninhas, no entanto, apesar dos aspectos positivos, é fundamental que essa combinação não prejudique a cultura. Embora conste no registro que possui seletividade para a cultura da soja, é necessário levar em consideração que há diversos fatores que podem interferir nesta seletividade, como o tipo de solo, a cultivar, as condições ambientais e o uso da dose adequada (AGROFIT, 2021).

Perante a importância da cultura da soja em toda uma cadeia produtiva, a necessidade do uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas e a seletividade variável para cada cultivar, o objetivo avaliar o grau de fitotoxicidade ocasionado pela mistura herbicida composta de sulfentrazone + diuron em quatro cultivares de soja.

3.3 Material e Métodos

O experimento de sensibilidade de plântulas de cultivares de soja à herbicidas pré-emergentes foi realizado no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Daninhas, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo (PPGAgro-UPF). Foi avaliada a fitotoxicidade dos herbicidas pré-emergentes sulfentrazone + diuron em diferentes concentrações, em cultivares de soja (Tabela 1). O experimento foi conduzido em laboratório, em vidros. O delineamento foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial, com quatro repetições. No fator A alocou-se as cultivares e no B as doses da mistura herbicida sulfentrazone + diuron.

Tabela 1 – Cultivares de soja que foram utilizadas no experimento de laboratório.

CULTIVARES	GRUPO DE MATURAÇÃO	HÁBITO DE CRESCIMENTO
DM 5958 RSF IPRO	5.8	Indeterminado
TMG 7062 RR	6.2	Semideterminado
BMX ATIVA RR	5.6	Determinado
M5917 IPRO	5.9	Indeterminado

Fonte: Dados do autor.

O experimento foi feito em vidros, preenchidos por meio de cultura, concentrações de herbicida e quatro sementes de soja. O meio de cultura que foi utilizado foi o ágar-água, onde foi adicionado 12g de ágar, água destilada, e então autoclavado a 121°C por 20 minutos. Na obtenção das concentrações, foram preparadas duas suspensões estoques de 100 mL de água destilada, e adicionados os volumes necessários de cada herbicida (de acordo com a concentração dos ingredientes ativos).

Da primeira suspensão foi transferido 1 mL para a segunda diluição em Erlenmeyer com 99 mL de água destilada. Na primeira suspensão, obtiveram-se as concentrações de 5; 10; 25 e 50 mg.L⁻¹, na segunda solução as concentrações foram 1; 0,1 mg.L⁻¹ e a testemunha, 0 mg.L⁻¹. O procedimento foi realizado em câmara de fluxo laminar de ar, sendo que os herbicidas foram adicionados ao meio de cultura com temperatura de 45°C, e vertidos em vidros esterilizados. Os vidros foram deixados por 14 dias em local com luz em temperatura controlada (25°C). Aos sete dias foram efetuadas as avaliações visuais, por meio de notas. As notas variaram de 0 a 100%, onde 0% era

sem nenhuma fitotoxicidade nas sementes ou plântulas e 100% era inviabilidade das sementes ou plântulas por conta da fitotoxicidade ocasionada pelo herbicida. Após 14 dias, as plântulas foram secas em estufa por 48 h aproximadamente 65°C e, então, pesadas para a obtenção da biomassa.

Os foram testados os pressupostos de homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros, pelos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente. Após, os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

3.4 Resultados e Discussão

Na avaliação visual feita aos sete dias após a execução do experimento, através de notas que variaram de 0 a 100%, onde 0% era sem nenhuma fitotoxicidade e 100% a inviabilidade das plântulas de soja, foi possível observar na análise de variância que houve significância para a interação entre dose e cultivar. Sendo assim, foi feita a comparação das médias, representando os dados através de tabela (Tabela 2).

Tabela 2 - Fitotoxicidade em plântulas das cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) expostas à doses do herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron. Passo Fundo, 2022.

Dose mg.L ⁻¹	Cultivar			
	BMX Ativa	M5917	DM5958	TMG7062
0	0.00 dA	0.00 dA	0.00 dA	0.00 cA
0,1	71.25 cA	50.00 cC	65.00 cB	73.75 bA
1	71.25 cB	75.00 bB	82.50 bA	75.00 bB
5	87.50 aA	75.00 bB	90.00 aA	90.00 aA
10	82.50 bB	75.00 bC	90.00 aA	90.00 aA
25	90.00 aA	75.00 bB	90.00 aA	90.00 aA
50	92.50 aA	87.50 aA	90.00 aA	90.00 aA
CV (%)	6,13			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

Para a dose 0 mg.L⁻¹ (testemunha) as cultivares não se diferiram entre si em nenhum dos níveis de comparação. Já para a dose 0,1 mg.L⁻¹ as cultivares com maiores

níveis de fitotoxicidade foram a BMX Ativa e a TMG 7062, e a cultivar que teve menor nota visual das demais foi a M5917. Quando comparadas as cultivares expostas à concentração de 1,0 mg.L⁻¹ de herbicida, observou-se que a cultivar que se destacou das demais, com notas visuais de fitotoxicidade maiores, foi a DM5958, enquanto as outras não se diferiram entre si. Para a concentração 5,0 mg.L⁻¹, as cultivares BMX Ativa, DM 5958 e TMG 7062, não se diferiram entre si, já a cultivar M5917 foi inferior às demais, ou seja, causou menos fitotoxicidade. Quando submetidas à concentração de 10 mg.L⁻¹ de sulfentrazone + diuron, as cultivares com maiores níveis de fitotoxicidade foram a DM5958 e a TMG7062, e a cultivar M5917 foi a que apresentou menor sensibilidade ao herbicida. Para a concentração de 25 mg.L⁻¹, a cultivar inferior às demais, com menor sensibilidade, foi a M5917, e para a maior concentração, 50 mg.L⁻¹, as cultivares não se diferiram entre si.

Ao analisar a fitotoxicidade das concentrações dentro de cada cultivar, através das notas visuais, pode-se observar que para a cultivar BMX Ativa as concentrações que causaram maiores níveis de fitotoxicidade foram as 5,0; 25 e 50 mg.L⁻¹, a concentração 10 mg.L⁻¹ foi inferior às concentrações 5,0; 25 e 50 mg.L⁻¹, mas superior às concentrações 1,0 e 0,1 mg.L⁻¹. A cultivar M5917 teve um comportamento diferente em relação à variação das doses, a dose com maior nota visual foi a de 50 mg.L⁻¹ e a menor nota foi com a concentração de 0,1 mg.L⁻¹, sendo superior apenas à testemunha.

Na cultivar DM5958, pode-se observar que as concentrações que apresentaram maiores níveis de fitotoxicidade às plântulas foram as 5,0; 10; 25 e 50 mg.L⁻¹ e concentração com menor nível de fitotoxicidade foi a 0,1 mg.L⁻¹. E, para a cultivar TMG7062, as concentrações que causaram maior sensibilidade foram as 5,0; 10; 25 e 50 mg.L⁻¹, já quando comparadas com as concentrações 0,1 e 1,0 elas tiveram menores notas visuais, por apresentaram menores níveis de fitotoxicidade, sendo apenas superiores à testemunha.

A sensibilidade da cultura da soja à herbicidas pré- emergentes está relacionada com a capacidade biológica de cada cultivar, por isso, há variação no grau de fitotoxicidade delas quando expostas a esses produtos, isso se deve à tolerância diferencial

ao estresse peroxidativo de cada cultivar (DAYAN et al., 1997). Essa sensibilidade começa a aparecer quando a plântula inicia a sua absorção de água do solo ou, como neste caso, do meio de cultura, absorvendo junto nesta solução o herbicida, os efeitos ficam mais proeminentes quando elas são expostas à luz (SHANER, 2014). Por conta de que o herbicida diuron age no Fotossistema II, interrompendo o ciclo da fotossíntese e o sulfentrazone age inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), a qual faz parte da síntese da clorofila, ambas as moléculas estimulam a produção de espécies reativas de oxigênio, levando-as à morte (HESS, 2000).

Porém, existe a seletividade, que é a capacidade que cada cultivar tem de destoxificação, ou seja, há uma ação diferencial no sítio de ação da enzima da planta, tornando-a mais ou menos sensível às espécies reativas de oxigênio e à degradação da molécula do herbicida. Essa reação de cada cultivar determina se haverá fitotoxicidade e qual o grau deste dano (DUKE et al., 1991). A metabolização desses compostos pela planta é a alteração da estrutura química do herbicida, transformando-o em uma substância não tóxica (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Pode-se afirmar com este estudo que há sensibilidade da cultivares de soja ao herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron.

3.5 Conclusões

Indiferente de qual concentração a que foram expostas as cultivares de soja, exceto a testemunha, elas apresentaram algum grau de sensibilidade ao sulfentrazone + diuron.

4 CAPÍTULO II

Sensibilidade de cultivares de soja ao herbicida pré-emergente com e sem cobertura de solo.

4.1 Resumo

Nas áreas de cultivo da soja há a presença das mais diversas plantas daninhas que impedem que a cultura expresse seu potencial e, ao longo dos anos, as plantas daninhas foram evoluindo e tendo grande relevância pela sua interferência e alto custo de manejo. O uso de herbicidas pré-emergentes é uma alternativa de controle muito eficiente, porque além de proteger a cultura no período crucial, que é o estabelecimento da cultura no campo, ele também possibilita a rotação de mecanismos de ação. O herbicida sulfentrazone + diuron é uma mistura de duas moléculas que garantem ser mais eficientes no controle das plantas daninhas. Porém, apesar dos aspectos positivos da mistura destes produtos, é fundamental que essa combinação não prejudique a germinação, o crescimento e o desenvolvimento da cultura da soja. Diante desta problemática, são necessários estudos para verificar se há sensibilidade de cultivares de soja ao herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron. O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária – CEPAGRO/UPF, em blocos casualizados trifatorial, com os tratamentos arranjados em parcelas sub subdivididas, com quatro repetições. Foram testadas quatro cultivares (BMX Ativa, DM5958, M5917 e TMG7062), sete doses (0; 0,7; 1; 1,2; 1,4; 1,6 e 1,8 L.ha⁻¹) de sulfentrazone + diuron e comparadas ao manejo de solo com e sem palha. Com esse estudo foi possível verificar que houve sensibilidade dos cultivares ao herbicida, porém, essa sensibilidade é variável de acordo com a capacidade de metabolização de cada cultivar. A cultivar que se mostrou menos sensível ao herbicida pré-emergente, independente da dose e do manejo de solo, com ou sem palha, para o rendimento de grãos, foi a DM5958.

Palavras-chave: 1. Seletividade. 2. Mecanismo de ação. 3. Dose. 4. *Glycine max*. 5. Rendimento.

4.2 Introdução

O cultivo da soja (*Glycine max*) teve início no século XX nos Estados Unidos e, desde então, essa cultura tem sido fundamental para toda uma cadeia produtiva no Brasil e no mundo, gerando alimento, emprego e renda para a população. Assim como qualquer outra cultura, a soja pode sofrer interferência por pragas, doenças e plantas daninhas ao longo do seu ciclo. As plantas daninhas competem por água, luz e nutrientes, impedindo que a cultura expresse todo seu potencial. Ao longo dos anos e à medida que foi evoluindo

a agricultura, as plantas daninhas também foram evoluindo, tornando-se cada vez mais competitivas e de difícil controle (APROSOJA, 2018).

Dentre os métodos utilizados no manejo das plantas daninhas, o que mais se destaca é o uso de herbicidas, por ter eficiência e ser um método prático. Porém, o uso repetido desta técnica vem selecionando indivíduos resistentes a alguns grupos químicos de herbicidas que estão disponíveis no mercado. E uma das soluções para amenizar este cenário de dificuldade no controle de planta daninhas é o uso de herbicidas pré-emergentes (PITELLI, 2015).

Os herbicidas pré-emergentes são produtos químicos aplicados antes da emergência da cultura e da planta daninha com o intuito de evitar a mato competição inicial, assim, protegendo a cultura em um período crucial em que não pode haver competição, que é no seu estabelecimento. Além disso, o objetivo de utilizar estes herbicidas também é a rotação de mecanismos de ação, diminuindo a pressão de seleção e a probabilidade de resistência (SIMÃO; CASIMIRO, 2017).

Porém, há muitos fatores que podem interferir na eficiência dos herbicidas pré-emergentes, como as características físico-químicas das moléculas desses defensivos agrícolas e as características do solo em que será aplicado (tipo de solo, quantidade de matéria orgânica, palhada presente no solo, precipitação). A interação de todos estes fatores é que vai coordenar os processos que ocorrerão entre o solo e as moléculas do herbicida (SPADOTTO, 2002).

Uma das consequências destes processos pode ser a fitotoxicidade ocasionada na cultura pelo herbicida pré-emergente. Esse dano pode variar dependendo da cultivar, pois cada cultivar age diferente ao estresse peroxidativo. Visando a importância do uso dos herbicidas pré-emergentes na cultura da soja, no controle das plantas daninhas, sem causar fitotoxicidade à cultura, mantendo a produtividade final de grãos, o objetivo deste trabalho é avaliar se há sensibilidade de cultivares de soja a diferentes doses do herbicida sufetrazone + diuron em manejos de solos.

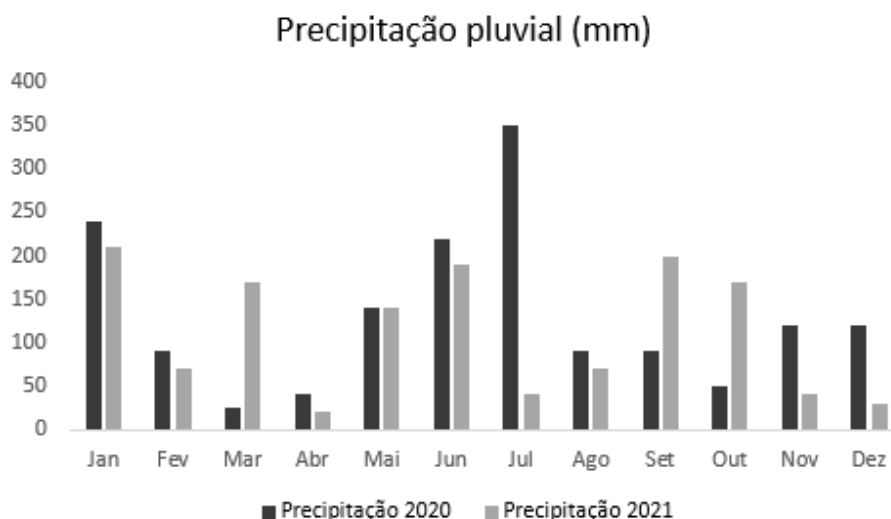
4.3 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2020/21 na área experimental do Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária – CEPAGRO/UPF, localizado na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, no município de Passo Fundo, na altitude de 678 metros e nas coordenadas geográficas 28°12’S e 52°23’W.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho escuro húmico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2018), com as características químicas analisadas em uma profundidade de 0 a 10 centímetros indicando: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 6,2$; $\text{pH}_{\text{smp}} = 6,5$; $\text{Al}^{+++} = 0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{++} = 5,88 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} = \text{Mg}^{++} = 2,99 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{P} = 43,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 349 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{S} = 19,1 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{MO} = 2,7\%$; Argila = 34%.

Os dados climáticos do período no qual foi desenvolvido o experimento foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Trigo, localizada próxima da área experimental (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação pluvial mensal dos anos de 2020 e 2021. Passo Fundo, RS.



Fonte: Embrapa, 2021.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados trifatorial, com os tratamentos arranjados em parcelas sub subdivididas, com quatro repetições. A parcela principal foi composta pela cobertura de solo (com e sem palha), a sub-parcela pelas cultivares e a sub sub-parcela pelas doses do herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron.

As unidades experimentais apresentavam cinco linhas de semeadura espaçadas a 0,45 m e 5 m de comprimento, totalizando uma área de 11,25 m². Avaliou-se como área útil três linhas centrais e com 4 m de comprimento, totalizando 5,4 m². As sementes foram tratadas com a mistura de fungicida mais inseticida, piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (0,05 + 0,45 + 0,5 g i.a kg⁻¹). E a adubação utilizada foi (formulação 5-29-7) 5 kg de N ha⁻¹, 29 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 7 kg de K₂O ha⁻¹, aplicados na linha de semeadura.

O estudo foi conduzido em semeadura direta e a cultura antecessora foi aveia preta. A dessecação da aveia foi realizada em torno de trinta dias antes da semeadura da soja, com o herbicida glyphosate (1.000 g i.a. ha⁻¹) associado com clethodim (0,096 g i.a. ha⁻¹).

Neste experimento foi avaliada a sensibilidade de quatro cultivares de soja expostas a diferentes doses de herbicida pré-emergente (Tabela 3), sulfentrazone + diuron e solo com e sem cobertura de restos culturais de aveia preta (*Avena sativa*). As cultivares semeadas de soja foram: Brasmax Ativa RR, Don Mario 5958 IPRO, TMG 7062 IPRO e Monsoy 5917 IPRO.

Tabela 3 - Tratamentos para avaliação de sensibilidade de cultivares de soja ao herbicida pré-emergente. Passo Fundo, 2022.

Tratamentos	Nome comercial	Dose do produto comercial (L. ha ⁻¹)	sulfentrazone + diuron (g i.a. ha ⁻¹)
1	Stone®	0	0
2	Stone®	0,7	122,5 + 245
3	Stone®	1,0	175 + 350
4	Stone®	1,2	210 + 420
5	Stone®	1,4	245 + 490
6	Stone®	1,6	280 + 560
7	Stone®	1,8	315 + 630

Fonte: Dados do autor.

A dose comercial recomendada na bula do herbicida sulfentrazone + diuron (Stone®) para a cultura da soja é de 0,7 L. ha⁻¹ (122,5 +245 g i.a. ha⁻¹) até 1,4 L. ha⁻¹ (245 + 490 g i.a. ha⁻¹).

A soja foi semeada no dia 11 de dezembro de 2020, e as aplicações de sulfentrazone + diuron foram realizadas nos mesmos dias, após a semeadura das cultivares de soja. As aplicações dos tratamentos foram realizadas com o auxílio de um pulverizador costal propelido à CO₂, acoplado a esse uma de aplicação, as pontas de pulverização foram do tipo leque (TT 110 015), calibrado a uma pressão de 172 kPa. A remoção dos restos culturais da aveia preta nas parcelas onde não havia cobertura foi efetuada com rastel, para deixar o mínimo possível de palha sob o solo. E a quantidade de palha que havia sob a parcela com cobertura foi coletada e pesada, totalizando 6.000 kg ha⁻¹.

O controle em pós emergência da cultura e das plantas daninhas foi realizado com Roundup transorb a 235 + 192 g i.a. ha⁻¹. Já o manejo de insetos foi realizado com diferentes inseticidas, acefato (750 g i.a. ha⁻¹), teflubenzurom (22,25 g i.a. ha⁻¹) e os fungicidas utilizados foram mancozebe (1125 g i.a. ha⁻¹), fenpropimorfe (225 g i.a. ha⁻¹) e propiconazol + difenoconazol (25 +25 g i.a. ha⁻¹).

A variáveis avaliadas foram fitotoxicidade visual, emergência da cultura, altura de planta, índice de área foliar, biomassa, componentes de rendimento de grãos e rendimento de grãos. Os componentes do rendimento de grãos são o número de plantas em 1 m², o número de legume por plantas, o número de grãos por legume e o peso de mil grãos.

As avaliações de emergência da cultura consistiram na contagem das plântulas emergidas nas três linhas centrais, aproximadamente sete dias após a semeadura. A fitotoxicidade visual foi atribuída notas por meio da escala da European Weed Research Council (1964), com valores de 1 a 9, em que 1 significa ausência de sintomas e 9 a morte das plantas (Figura 2), aos 7 e 14 dias após a emergência das plantas (SANTOS, 2012).

Figura 2 - Índice de avaliação e sua descrição de fitointoxicação.

Índice de avaliação	Descrição da fitointoxicação
1	Sem dano
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento)
4	Forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose
5	Necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos
6	Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas
7	Mais de 80% das folhas destruídas
8	Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas
9	Morte da planta

Fonte: European Weed Research Council, 1964.

As avaliações de emergência da cultura consistiram na contagem das plântulas emergidas nas três linhas centrais, aproximadamente dez dias após a semeadura. A altura das plantas foi determinada aos 14 dias após a emergência (DAE), onde foi medida a distância entre a superfície do solo e a extremidade superior do caule principal, com o auxílio de uma régua graduada.

Para as avaliações da área foliar, foram coletadas três plantas de cada tratamento aos 14 e 28 DAE. Foram destacados todos os folíolos das plantas e medidos por meio de integralizador de área foliar da marca Li-cor®, modelo LI3100C, e então a área foliar das plantas foi multiplicada pelas suas respectivas populações de plantas por m² para estimar o índice de área foliar (IAF).

Antes da colheita foi feita a contagem do número final de plantas por m². A colheita foi realizada no dia 23 de abril de 2021, com o auxílio de uma colhedora de parcelas automotriz.

A umidade dos grãos foi verificada no medidor de umidade Motomco Modelo 999CP, e os dados de rendimento de grãos foram convertidos para kg ha⁻¹ na umidade padrão de 13%, corrigida pela fórmula:

$$RG = \frac{(100 - UG) \times P}{100 - UR}$$

Onde:

RG = rendimento de grãos;

UG = umidade dos grãos no momento da verificação;

P = peso de grãos da área útil da sub parcela;

UR = Umidade requerida.

O peso de mil grãos foi determinado a partir da contagem e pesagem de mil grãos após a colheita.

Os dados foram submetidos à análise de variância a uma significância de 5% de probabilidade de erro. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

4.4 Resultados e Discussão

No ano agrícola da realização do experimento (2020/21), a ocorrência de chuvas foi dentro da faixa normal climatológica. Considerando que as precipitações após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes são um dos fatores que regem os processos que ocorrem com este produto no solo, e também o seu efeito fitotóxico à cultura (CARBONARI et al., 2016).

Para as variáveis massa seca aos 14 DAE (dias após a emergência), massa seca aos 28 DAE, índice de área foliar aos 28 DAE, número final de plantas por m² e rendimento de grãos, a interação significativa foi tripla, portanto, os resultados e a discussão destas variáveis serão apresentados a seguir. A variável massa seca aos 14 DAE teve interação significativa para dose, cobertura e cultivar (Tabela 4).

Tabela 4 - Média da massa seca (g) aos 14 DAE de cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Com palha				Sem palha			
	Ativa	5917	5958	7062	Ativa	5917	5958	7062
0	1.41 a	1.90 a	1.57 b	1.25 b	1.77 a	1.54 a	1.95 a	1.54 a
0,7	1.76 a	1.73 a	1.55 b	1.48 a	2.01 a	1.62 a	1.90 a	1.36 a
1,0	1.63 a	1.94 a	1.72 b	1.74 a	1.58 b	1.62 a	1.71 b	1.12 a
1,2	1.56 a	1.59 b	1.78 b	1.51 a	1.46 b	1.67 a	1.98 a	1.19 a
1,4	1.22 a	1.50 b	2.29 a	1.10 b	1.59 b	1.49 a	1.88 a	1.27 a
1,6	1.53 a	1.47 b	1.93 b	1.35 a	1.61 b	1.51 a	2.00 a	1.18 a
1,8	1.40 a	1.32 b	1.84 b	0.99 b	1.97 a	1.30 a	1.44 b	1.23 a
CV (%)					8,30			
CV (%)					8,63			
CV (%)					6,72			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

No sistema com palha para a cultivar BMX Ativa os tratamentos não se diferiram entre si para massa seca. Para a cultivar M5917 os tratamentos com as doses 0,7; 1 e 1,2 L.ha⁻¹ não se diferiram da testemunha e foram superiores aos demais tratamentos. Na cultivar DM5958 observou-se que o tratamento com a dose 1,4 L.ha⁻¹ destacou-se em relação aos demais, até mesmo em relação à testemunha. Para a cultivar TMG7062 os tratamentos com as doses 0,7; 1; 1,2; e 1,6 L.ha⁻¹ foram superiores em relação aos demais tratamentos e à testemunha.

No sistema sem palha para a cultivar BMX Ativa os tratamentos com as doses 1; 1,2; 1,4 e 1,6 L.ha⁻¹ foram inferiores aos demais tratamentos e também à testemunha. Para a cultivar M5917 e TMG7062 os tratamentos não se diferiram da testemunha. Já para a cultivar DM5958, os tratamentos 1 e 1,8 L.ha⁻¹ foram inferiores aos demais tratamentos.

Ao analisar a massa seca aos 28 DAE pode-se perceber que também houve interação entre os fatores cobertura, cultivar e dose (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias da massa seca (g) aos 28 DAE de cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Com palha				Sem palha			
	Ativa	5917	5958	7062	Ativa	5917	5958	7062
0	11.49 a	12.09 a	14.88 b	10.16 b	18.57 a	8.96 b	11.69 b	10.60 a
0,7	11.98 a	10.29 a	13.86 b	9.19 b	10.32 c	13.25 a	16.19 a	9.83 a
1,0	13.00 a	8.35 a	11.78 c	11.37 b	12.11 c	7.75 b	9.76 b	8.67 a
1,2	12.66 a	9.81 a	14.92 b	13.28 a	14.02 b	8.85 b	11.32 b	10.88 a
1,4	10.98 a	10.73 a	11.19 c	13.41 a	15.30 b	7.70 b	8.54 b	11.29 a
1,6	12.09 a	8.02 a	14.43 b	9.31 b	10.80 c	11.62 a	13.44 a	8.05 a
1,8	13.15 a	9.68 a	19.55 a	10.64 b	13.72 b	11.40 a	13.11 a	11.02 a
CV (%)					27,08			
CV (%)					15,13			
CV (%)					08,83			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

Não houve diferença entre as médias para as cultivares BMX Ativa e M5917 no sistema com palha. Já para a cultivar DM5958, o tratamento superior aos demais foi o com a dose de 1,8 L.ha⁻¹ de sulfentrazone + diuron e para cultivar TMG7062 os tratamentos 1,2 e 1,4 L.ha⁻¹ se destacaram em relação aos demais. No sistema sem palha, as cultivares que apresentaram diferença em suas médias para a massa seca aos 28 DAE foram a BMX Ativa, onde os tratamentos com as doses 0,7; 1 e 1,6 L.ha⁻¹ foram inferiores aos tratamentos com as doses 1,2; 1,4 e 1,8 L.ha⁻¹ e que, por sua vez, esses tratamentos se diferiram em relação à testemunha. Os tratamentos com as doses 0,7; 1,6 e 1,8 L.ha⁻¹ se destacaram dos demais tratamentos para a cultivar M5917 e para a cultivar DM5958.

Os dados da variável índice de área foliar (IAF) aos 28 DAE serão apresentados na tabela a seguir (Tabela 6).

Tabela 6 - Médias do IAF aos 28 DAE de cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Com palha				Sem palha			
	Ativa	5917	5958	7062	Ativa	5917	5958	7062
0	12.20 b	15.90 a	17.62 a	12.16 a	22.22 a	15.21 a	15.00 a	13.28 a
0,7	15.80 a	13.25 b	14.57 b	11.72 a	10.07 d	16.99 a	16.78 a	12.39 a
1,0	18.00 a	13.85 b	12.43 b	13.84 a	13.12 c	13.71 a	9.85 c	11.33 a
1,2	15.01 a	12.08 b	16.79 a	11.03 a	13.85 c	12.33 b	11.68 b	11.66 a
1,4	15.28 a	12.28 b	16.21 a	11.65 a	16.44 b	10.17 b	9.39 c	12.22 a
1,6	16.22 a	11.90 b	13.33 b	10.25 a	12.88 c	15.07 a	12.46 b	9.39 b
1,8	14.80 a	12.02 b	15.08 b	12.30 a	11.13 d	15.43 a	13.93 a	10.00 b
CV (%)					39,88			
CV (%)					11,37			
CV (%)					06,28			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

A cultivar TMG7062 foi a única cultivar das demais testadas que não apresentou diferença entre seus tratamentos para o IAF aos 28 DAE em solo com cobertura de palha, quanto para a cultivar BMX Ativa a testemunha apresentou menor IAF aos 28 DAE quando comparada com os demais tratamentos. Já para a cultivar M5917 todos os demais tratamentos foram inferiores à testemunha e na cultivar DM5958 os tratamentos que se destacaram com maior média de IAF aos 28 DAE foi a testemunha e os com doses de 1,2 e 1,4 L.ha⁻¹.

No entanto, para os tratamentos testados no sistema sem palha, para a cultivar BMX Ativa, a testemunha se destacou dos demais tratamentos, e os tratamentos inferiores a todos os outros foram os com as doses de 0,7 e 1,8 L.ha⁻¹. A cultivar M5917 teve dois tratamentos que se diferiram dos demais, apresentando menores médias, que foram os com as doses de 1,2 e 1,4 L.ha⁻¹, já na cultivar DM5958 os tratamentos com maiores médias de IAF aos 28 DAE foram a testemunha e os com doses de 0,7 e 1,8 L.ha⁻¹ e a cultivar TMG7062 apresentou dois tratamentos que diferiram dos demais, com médias menores, os com doses 1,6 e 1,8 L.ha⁻¹.

Houve interação dos três fatores, cobertura, dose e cultivar, também para o número final de plantas por m² (Tabela 7).

Tabela 7 - Médias do número final de plantas por m² de cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Com palha				Sem palha			
	Ativa	5917	5958	7062	Ativa	5917	5958	7062
0	11.25 a	11.75 a	10.50 a	12.75 a	10.00 a	13.25 a	10.00 a	11.00 b
0,7	11.75 a	13.00 a	12.00 a	10.50 b	10.50 a	11.00 b	12.00 a	13.75 a
1,0	11.25 a	11.62 a	10.25 a	10.75 b	10.25 a	11.25 b	9.25 a	8.67 b
1,2	12.75 a	12.00 a	10.75 a	11.50 a	11.00 a	10.50 b	10.25 a	10.50 b
1,4	11.00 a	10.75 a	12.25 a	12.00 a	12.00 a	13.00 a	9.75 a	9.75 b
1,6	11.50 a	11.75 a	11.25 a	10.00 b	11.75 a	12.00 a	10.75 a	10.50 b
1,8	9.75 a	12.25 a	11.75 a	9.75 b	11.75 a	12.50 a	10.50 a	11.75 a
CV (%)					12,59			
CV (%)					08,81			
CV (%)					06,18			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

Ao analisar os dados de número final de plantas no sistema com palha, nota-se que apenas a cultivar TMG7062 apresentou diferença entre os tratamentos, se destacando da testemunha com maior média e os tratamentos com doses de 1,2 e 1,4 L.ha⁻¹. Para o sistema sem palha, as cultivares BMX Ativa e DM5958 não apresentaram diferença entre os tratamentos, porém, para as demais cultivares M5917 e TMG7062 houve diferença entre os tratamentos. Na cultivar M5917, os tratamentos que tiveram maiores médias foi a testemunha e os com doses de 1,4; 1,6 e 1,8 L.ha⁻¹, já para a cultivar TMG7062 os tratamentos com médias superiores aos demais, até mesmo da testemunha, foram os com doses de 0,7 e 1,8 L.ha⁻¹.

A variável rendimento de grãos também apresentou interação tripla com os fatores cobertura, cultivar e dose (Tabela 8).

Tabela 8 - Médias do rendimento de grãos de cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) em kg ha⁻¹ após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Com palha				Sem palha			
	Ativa	5917	5958	7062	Ativa	5917	5958	7062
0	2805.18 a	1719.12 b	2058.88 a	2108.85 a	1876.58 a	2245.71 a	2201.36 a	2241.82 a
0,7	2264.54 b	2343.79 a	2102.96 a	2250.48 a	2071.07 a	2275.13 a	2195.25 a	2265.02 a
1,0	2170.43 b	2117.85 a	2161.78 a	2172.30 a	2066.30 a	1908.43 a	1801.66 a	2165.57 a
1,2	2224.77 b	2136.97 a	1977.27 a	2270.80 a	2208.40 a	2149.34 a	2100.12 a	2152.58 a
1,4	1999.54 b	1761.80 b	2212.57 a	2113.82 a	2238.54 a	2140.93 a	2068.31 a	2239.57 a
1,6	2216.08 b	1971.59 b	2292.81 a	2057.95 a	2216.24 a	2145.17 a	2244.14 a	2255.36 a
1,8	2216.47 b	2247.11 a	2290.95 a	2069.54 a	2006.59 a	2191.79 a	2175.52 a	1930.48 a
CV (%)					8,15			
CV (%)					8,49			
CV (%)					6,38			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

As cultivares TMG7062 e DM5958 não apresentaram diferença entre os seus tratamentos para o rendimento de grãos no sistema com palha. Já para a cultivar BMX Ativa os tratamentos não se diferenciaram entre si, mas se diferenciaram da testemunha, apresentando médias inferiores. E, para a cultivar M5917, os tratamentos que se destacaram em relação à testemunha e os demais tratamentos foram os com as doses de 0,7; 1; 1,2 e 1,8 L.ha⁻¹. No sistema sem palha não houve diferença entre os tratamentos para nenhuma das cultivares.

Essa interação que houve entre cobertura, cultivar e dose mostrou uma grande variação nas médias das variáveis analisadas, como em casos onde doses mais elevadas tiveram médias superiores às doses mais baixas e em alguns casos até mesmo à testemunha. Isso explica-se pelo fato de haver diversos fatores que regem à interação herbicida – solo – planta. Esses fatores estão relacionados com as características físico-químicas do herbicida, características físico-químicas do solo e as características fisiológicas e até genéticas de cada cultivar.

O comportamento do herbicida pré-emergente no solo é regido por processos de retenção (adsorção, absorção), transformação (degradação por fatores bióticos ou abióticos) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação, escoamento superficial) e

pelas interações entre os processos (CARBONARI, 2016). Todos esses processos podem ocorrer simultaneamente no solo, assim, o que determina o comportamento do herbicida no controle de plantas daninhas e a eficácia da seletividade do produto, é a intensidade com que cada um desses processos ocorre (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2003). A partir disso, pode-se notar um pouco da complexidade das interações que ocorrem com o herbicida quando ele entra em contato com o solo até chegar no alvo, que é a solução do solo e, posteriormente, ser absorvido pelas plantas.

Além disso, o herbicida no caso do sistema com palha precisa vencer esta barreira para depois chegar ao solo, e para que este processo ocorra é necessário considerar também as características da molécula, como neste caso, que a molécula é a mistura de sulfentrazone + diuron. Entre as características que regem o comportamento dos herbicidas no solo, as mais importantes são: solubilidade em água, constante de ionização de um ácido ou base fraca (pKa), coeficiente de partição octanol-água (Kow) e pressão de vapor (CARBONARI, 2016).

A solubilidade é a capacidade de o herbicida se dissolver em água, portanto, um herbicida mais solúvel ficará mais disponível no solo, podendo apresentar melhor controle das plantas daninhas, mas também pode causar maior fitotoxicidade à cultura (OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN; INOUE, 2011). No caso do herbicida sulfentrazone + diuron, a molécula do sulfentrazone possui uma solubilidade que varia conforme o pH (pH 6,0 = 110 mg L⁻¹; pH 7,5 = 1.600 mg L⁻¹) (MONQUERO et al., 2010), permitindo que ele atinja o solo com pouca interferência da palha, já a solubilidade da molécula do diuron é mais baixa, há a disponibilidade de 42 mg L⁻¹ (ARAUJO et al., 2012).

As constantes de ionização ácido/base, pKa ou pKb, representam a associação da disponibilidade do herbicida na solução do solo em relação ao pH do solo (PROCÓPIO et al., 2003). O coeficiente de partição (Kow) representa a afinidade que uma molécula de herbicida tem a lipídios, ou seja, quanto maior o valor de Log de Kow maior será a afinidade e a probabilidade de um herbicida ficar retido a lipídios e à matéria orgânica do solo (VASSIOS, 2012). E a pressão de vapor representa a capacidade de volatilização da molécula (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

O comportamento dos herbicidas no solo é totalmente influenciado pelo ambiente, apesar de ter sido aplicada a mesma molécula (sulfentrazone + diuron) em todo o experimento, não se tem conhecimento sobre as demais influências que podem ter ocorrido após a saída do herbicida da ponta de pulverização até o alvo, a solução do solo. E, além de todos estes processos que podem ocorrer antes de ele ser absorvido pela planta, também deve-se levar em consideração a capacidade que a planta tem de metabolizar esse produto.

Autores citam que a sensibilidade da soja em relação ao herbicida sulfentrazone pode ser variável, pois é algo que depende da fisiologia e da genética de cada cultivar (REILING et al., 2006). Essa sensibilidade está relacionada com a tolerância diferencial que há na célula da planta ao estresse peroxidativo (DAYAN et al., 1997). A seletividade do herbicida em relação à cultura está associada à capacidade que cada cultivar tem de destoxificação, ou seja, há uma ação diferencial no sítio de ação da enzima da planta, tornando-a mais ou menos sensível às espécies reativas de oxigênio. Essa reação de cada cultivar que determina se haverá fitotoxicidade e qual o grau desta injúria (DUKE et al., 1991). Portanto, a capacidade de determinada cultivar transformar a molécula herbicida em algo que não lhe prejudique é denominada de metabolização, onde a planta altera a estrutura química do herbicida, transformando-o em uma substância não tóxica (OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Em outro trabalho, onde foi avaliada a seletividade da mistura de sulfentrazone + diuron para a cultivar NS 6601 IPRO, constatou-se que houve uma inibição inicial da atividade fotossintética das plantas, porém, não houve diferença significativa da testemunha (sem tratamento). Portanto, foi concluído que a mistura de sulfentrazone + diuron é uma boa alternativa para manejo de plantas daninhas em pré-emergência e não causa fitotoxicidade à cultura da soja (FRANKLIN, 2021).

Relacionando o estudo feito com estas observações, pode-se afirmar que há diferença na reação de cada cultivar testada em relação às doses do herbicida pré-emergente, sulfentrazone + diuron, ressaltando que esta metabolização pode ter ocorrido em diferentes momentos dependendo de cada cultivar. Para os dados apresentados de

algumas testemunhas que relataram médias menores em relação aos tratamentos, não se explica pelo fato de sensibilidade ao herbicida, pois não foram expostas ao produto. Porém, podem ser explicadas justamente pelo fato de não haver o efeito do controle das plantas daninhas pelo herbicida pré emergente, proporcionando uma competição inicial à cultura, resultando na redução da média de algumas variáveis analisadas.

Para as variáveis analisadas, fitotoxicidade aos 7 DAE (Tabela 9), IAF aos 14 DAE, altura aos 28 DAE e peso de mil grãos houve interação significativa entre cultivar e dose.

Tabela 9 - Médias de fitotoxicidade aos 7 DAE em cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Cultivar			
	Ativa	5917	5958	7062
0	1.00 bA	1.00 bA	1.00 aA	1.00 bA
0,7	1.00 bA	1.25 bA	1.00 aA	1.12 bA
1,0	1.25 aA	1.12 bA	1.12 aA	1.37 aA
1,2	1.00 bB	1.37 aA	1.00 aB	1.37 aA
1,4	1.12 bB	1.12 bB	1.12 aB	1.62 aA
1,6	1.37 aA	1.37 aA	1.25 aA	1.50 aA
1,8	1.12 bB	1.50 aA	1.25 aB	1.62 aA
CV (%)	27,68			
CV (%)	13,72			
CV (%)	07,12			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

Ao observar a interação entre as cultivares, pode-se analisar que para a dose 1,2 L.ha⁻¹ as cultivares que apresentaram maiores níveis de fitotoxicidade foram a M5917 e TMG7062. Para a dose de 1,4 L.ha⁻¹ a única cultivar que apresentou maiores níveis de sensibilidade ao herbicida pré-emergente foi a TMG7062, já para a dose 1,6 L.ha⁻¹ não houve diferença entre as cultivares e para a dose 1,8 L.ha⁻¹ as cultivares que se destacaram novamente com maiores níveis de fitotoxicidade foram a M5917 e a TMG7062.

Ao comparar as doses dentro da cultivar, pode-se verificar que para a cultivar BMX Ativa as doses 1 e 1,6 L.ha⁻¹ apresentaram maiores médias para fitotoxicidade, já

para a cultivar M5917 as maiores médias foram quando exposta às doses 1,2; 1,6 e 1,8 L.ha⁻¹. Para a cultivar DM5958, os tratamentos (doses) não se diferiram da testemunha e para a cultivar TMG7062 a única dose que não se diferiu da testemunha foi a de 0,7 L.ha⁻¹.

Para o IAF aos 14 DAE verificou-se que até a dose de 1 L.ha⁻¹ não houve diferença entre as cultivares, a partir da dose 1,2 L.ha⁻¹ houve diferença, dando ênfase para a cultivar TMG7062 com menor IAF em relação às demais cultivares (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias de IAF aos 14 DAE em cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Cultivar			
	Ativa	5917	5958	7062
0	1.35 aA	1.48 aA	1.27 aA	1.08 aA
0,7	1.40 aA	1.51 aA	1.40 aA	1.10 aA
1,0	1.20 aA	1.46 aA	1.26 aA	1.27 aA
1,2	1.24 aA	1.49 aA	1.41 aA	0.96 aB
1,4	1.19 aB	1.47 aA	1.55 aA	1.12 aB
1,6	1.29 aA	1.30 aA	1.47 aA	1.00 aA
1,8	1.39 aA	1.20 aA	1.44 aA	0.80 aB
CV (%)	34,95			
CV (%)	13,44			
CV (%)	06,82			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

A diferença entre as cultivares em relação às doses iniciou na dose 1,2 L.ha⁻¹, havendo redução no IAF da cultivar TMG7062. Na dose de 1,4 L.ha⁻¹, além da cultivar TMG7062, a cultivar BMX Ativa também apresentou redução no IAF. Ao analisar o comportamento das cultivares quando expostas à dose 1,6 L.ha⁻¹, verificou-se que não houve diferença entre elas. E, para a dose 1,8 L.ha⁻¹, a cultivar que teve menor IAF aos 14 em relação às demais foi a TMG7062. No entanto, ao compararmos as doses dentro de cada cultivar, pode-se notar que não houve diferença em nenhum dos níveis de dose para nenhuma das cultivares.

Houve efeito significativo para altura aos 28 DAE entre dose e cultivar. Ao analisar a testemunha, verificou-se que as cultivares M5917 e TMG7062 apresentaram maior altura que as demais (Tabela 11).

Tabela 11 - Médias da altura (cm) aos 28 DAE de cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Cultivar			
	Ativa	5917	5958	7062
0	22.69 aB	25.18 bA	21.44 aB	28.71 bA
0,7	21.73 aB	29.02 aA	27.37 aA	27.92 bA
1,0	21.92 aB	25.63 bB	23.81 aB	31.44 aA
1,2	22.04 aA	23.64 bA	23.75 aA	26.79 bA
1,4	21.48 aA	23.37 bA	25.02 aA	26.41 bA
1,6	20.67 aA	23.17 bA	25.42 aA	21.75 cA
1,8	24.92 aA	23.12 bA	24.25 aA	27.06 bA
CV (%)	14,82			
CV (%)	10,48			
CV (%)	06,83			

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

Ao verificar o tratamento com dose de 0,7 L.ha⁻¹, pode-se observar que BMX Ativa apresentou menor altura em relação às demais cultivares, já para a dose de 1 L.ha⁻¹ a cultivar que se destacou com maior altura foi a TMG7062, e para as demais doses não houve diferença de altura entre as cultivares.

Para o peso de mil grãos (PMS) não houve diferença entre as testemunhas das cultivares, nem para a dose 0,7 e 1 L.ha⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias do PMS em g de cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron, em solo com e sem palha. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Cultivar			
	Ativa	5917	5958	7062
0	107.67 aA	95.89 aA	103.11 aA	112.06 aA
0,7	104.63 aA	107.57 aA	102.95 aA	115.54 aA

1,0	99.15 aA	100.00 aA	111.39 aA	109.87 aA
1,2	102.37 aB	104.02 aB	93.83 aB	126.02 aA
1,4	100.39 aB	97.96 aB	99.13 aB	115.82 aA
1,6	98.81 aB	106.88 aB	105.49 aB	124.61 aA
1,8	95.42 aB	107.19 aA	112.06 aA	115.40 aA
CV (%)			9,88	
CV (%)			8,46	
CV (%)			5,83	

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

O PMS da cultivar TMG7062 para a dose de 1,2; 1,4 e 1,6 L.ha⁻¹ foi superior às das demais cultivares e para a dose de 1,8 L.ha⁻¹ o PMS da cultivar BMX Ativa foi inferior às das demais cultivares. Não houve diferença para as doses em relação a nenhuma cultivar.

Quando comparada a fitotoxicidade aos 7 DAE entre as cultivares BMX Ativa, TMG7062, DM5958 e M5917, pode-se observar que as cultivares que foram mais sensíveis ao herbicida sulfentrazone + diuron foram a TMG7062 e a M5917. E, na comparação de doses dentro de cada cultivar, essas mesmas cultivares também apresentaram maior sensibilidade ao herbicida. A reação destes materiais pode ser explicada pela fisiologia e genética de cada um deles, pois a capacidade de metabolização da molécula do herbicida depende das características de cada cultivar. A metabolização desses compostos pela planta é a alteração da estrutura química do herbicida, transformando-o em uma substância não tóxica (OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Embora na bula e no registro contém que esses herbicidas são seletivos para a soja quando aplicados em pré-emergência, a seletividade é algo variável e que depende de diversos fatores, como tipo de solo, cultivar, condições ambientais e uso da dose adequada (AGROFIT, 2021). A seletividade é a capacidade que cada cultivar tem de destoxificação, ou seja, é um processo que ocorre no sítio de ação da enzima da planta, tornando-a mais ou menos sensível às espécies reativas de oxigênio e à degradação da molécula do herbicida. Essa reação de cada cultivar que determina se haverá fitotoxicidade e qual o grau deste dano (DUKE et al., 1991).

Os dados vão de acordo com este trabalho, onde foi avaliada a seletividade da mistura de sulfentrazone + diuron para a cultivar NS 6601 IPRO, e constatou-se que houve uma inibição inicial da atividade fotossintética das plantas, porém, foi concluído que a mistura de sulfentrazone + diuron é uma boa alternativa para manejo de plantas daninhas em pré-emergência, pois não interfere no desenvolvimento da cultura (FRANKLIN, 2021).

Para os dados coletados de IAF aos 14 DAE, não houve diferença para as doses do herbicida dentro de cada cultivar. Porém, há diferença quando comparadas uma cultivar com a outra, além desta diferença estar relacionada com a aplicação do herbicida, ela também pode estar relacionada com as características genóticas de cada cultivar. Da mesma forma, como os dados referentes à altura aos 28 DAE, percebe-se que houve grande variabilidade das alturas quando feita a comparação entre as cultivares.

O IAF é a capacidade de as plantas interceptarem radiação solar através do índice de área foliar (IAF) e converterem esta radiação em matéria seca pelo processo fotossintético e isso determina o máximo rendimento da soja. O IAF é a relação entre a área foliar (AF) e a área de solo ocupada pelo cultivo (HEIFFIG et al., 2006). A evolução do IAF ao longo do ciclo de desenvolvimento depende da época de semeadura, genótipo, densidade de plantas, espaçamento entre linhas e manejo fitossanitário (ZANON et al., 2015).

Ao comparar o PMS entre as cultivares, pode-se observar que elas se diferem entre si quando expostas a partir da dose 1,2 L.ha⁻¹, e na dose de 1,8 L.ha⁻¹ o PMS se eleva novamente. Porém, a cultivar BMX Ativa mantém o PMS inferior quando comparada com as demais cultivares. E, quando se observam as doses dentro de cada cultivar, pode-se perceber que os tratamentos expostos às diferentes doses do herbicida não se diferiram da testemunha. Então, pode-se dizer que esta diferença entre as cultivares está relacionada com a capacidade de metabolização de cada cultivar, apresentando diferença entre elas. Neste caso, a cultivar TMG7062 teve maior capacidade de metabolizar o herbicida, pois manteve uma constância no valor de PMS em relação a todas as doses testadas.

As variáveis de fitotoxicidade aos 7 DAE e número de plantas aos 7 DAE apresentaram interação dupla significativa entre dose e cobertura. As avaliações visuais de fitotoxicidade foram feitas aos 7 DAE e aos 14 DAE, de acordo com a atribuição de notas por meio da escala EWRC (EWRC, 1964) (Tabela 13).

Tabela 13 - Médias de notas visuais de avaliação de fitotoxicidade em plântulas das cultivares de soja (BMX Ativa; M5917; DM 5958; TMG 7062) após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron aos 7 DAE. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Cobertura	
	Com palha	Sem palha
0	1.00 cA	1.00 bA
0,7	1.12 cA	1.06 bA
1,0	1.06 cA	1.37 aA
1,2	1.12 cA	1.25 aA
1,4	1.25 bA	1.25 aA
1,6	1.50 aA	1.25 aA
1,8	1.27 aA	1.37 aA
CV (%)	27,68	
CV (%)	13,72	
CV (%)	07,12	

* Médias não seguidas por mesma letra, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

Ao comparar os dois sistemas, com palha e sem palha, pode-se observar que para a fitotoxicidade aos 7 DAE não houve diferença entre eles. Porém, quando analisadas as doses dentro de cada sistema, é possível verificar que no sistema com palha as doses de 1,6 L.ha⁻¹ (280 + 560 g i.a. ha⁻¹) e 1,8 L.ha⁻¹ (315 + 630 g i.a. ha⁻¹) foram as que tiveram maiores notas visuais em relação às injúrias causadas pelo herbicida sulfentrazone + diuron. Enquanto as doses 0,7 L.ha⁻¹ (122,5 + 245 g i.a. ha⁻¹), 1 L.ha⁻¹ (175 + 350 g i.a. ha⁻¹) e 1,2 L.ha⁻¹ (210 + 420 g i.a. ha⁻¹) não se diferenciaram da testemunha (0 L.ha⁻¹). Então, pode-se afirmar que somente a partir da dose 1,4 L.ha⁻¹ (245 + 490 g i.a. ha⁻¹) houve fototoxicidade, se tornando mais proeminente com o aumento das doses. No sistema sem palha, somente a dose 0,7 L.ha⁻¹ (122,5 + 245 g i.a. ha⁻¹) não se diferenciou da testemunha, as demais doses causaram algum nível de injúria, não se diferenciando

entre si. Para a avaliação do número de plantas aos 7 DAE também houve interação significativa somente para dose e cobertura (Tabela 14).

Tabela 14 - Número de plantas de soja aos 7 DAE, após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron com e sem cobertura de solo. Passo Fundo, 2022.

Doses L.ha ⁻¹	Cobertura	
	Com palha	Sem palha
0	11.62 aA	11.39 bA
0,7	11.69 aA	11.75 aA
1,0	12.03 aA	12.50 aA
1,2	12.62 aA	10.81 bB
1,4	11.81 aA	12.19 aA
1,6	10.87 bA	11.25 bA
1,8	10.81 bA	11.19 bA
CV (%)	10,29	
CV (%)	09,45	
CV (%)	05,68	

*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

No sistema com palha, as plantas submetidas às doses 1,6 L.ha⁻¹ (280 + 560 g i.a. ha⁻¹) e 1,8 L.ha⁻¹ (315 + 630 g i.a. ha⁻¹) tiveram um número de plantas inferiores quando comparadas com o número de plantas expostas às demais doses que não se diferiram da testemunha. No estudo anterior, as doses de 1,6 L.ha⁻¹ e 1,8 L.ha⁻¹ também apresentaram maiores níveis de fitotoxicidade aos 7 DAE, então pode-se relacionar isso à redução do estande das plantas. Ademais, deve-se destacar também que estas doses não são recomendadas na bula do herbicida. As doses recomendadas na bula são de 0,7 L.ha⁻¹ a 1,4 L.ha⁻¹ e estas doses não reduziram o número de plantas aos 7 DAE no sistema com palha.

Quando analisado o número de plantas expostas a doses do herbicida sob solo sem palha, observa-se uma maior desuniformidade no estande de plantas, sendo que os tratamentos com as doses de 0,7 L.ha⁻¹, 1 L.ha⁻¹ e 1,4 L.ha⁻¹ tiveram maior número de plantas aos 7 DAE do que os demais tratamentos, e até mesmo a testemunha. Essa

desuniformidade pode estar relacionada ao sistema de cultivo sem palha, esse fator pode ter interferido no estabelecimento da cultura.

A semeadura de plantas de cobertura no Rio Grande do Sul durante o inverno é muito comum, deixando restos culturais no solo para a cultura subsequente, como neste caso, a soja. A palha no sistema produtivo traz inúmeros benefícios para a cultura sucessora, como a manutenção da qualidade do solo, o manejo cultural de plantas daninhas, entre outros (KRENCHINSKI et al., 2018). Porém, apesar de todos os benefícios, ela atua como uma barreira física no solo, interceptando as moléculas de herbicida pré-emergente, impedindo a chegada até o alvo, que é a solução do solo. E a sorção das moléculas na cobertura morta também é um fator que pode reduzir a disponibilidade do mesmo na solução do solo e afetar a atividade e a persistência desse composto na natureza (REDDY; LOCKE; GASTON, 1997).

Neste estudo, pode-se observar que no sistema com palha as injúrias iniciaram a partir da dose $1,4 \text{ L.ha}^{-1}$ ($245 + 490 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), já no sistema sem palha as injúrias iniciaram numa dose inferior, de 1 L. ha^{-1} ($175 + 350 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), supõe-se que houve alguma interferência da palha em relação à disponibilidade do herbicida no solo. A magnitude dos efeitos da interferência da palha depende da quantidade presente no solo, retenção e degradação do herbicida depositado sob esses restos culturais e também da ocorrência de chuvas após a aplicação, que facilita o transporte do produto até a solução do solo, onde ele irá atuar no controle das plantas daninhas e, conseqüentemente, também será absorvido pela cultura (CARBONARI et al., 2016).

Em um estudo feito com a aplicação de sulfentrazone sob diferentes quantidades de resíduos de cana-de-açúcar, avaliou-se a capacidade do herbicida atravessar as camadas de palha. O trabalho mostra que uma lâmina de 20 mm logo após a aplicação, promoveu a liberação máxima de sulfentrazone em relação à porcentagem aplicada, independentemente da quantidade de resíduo presente no solo (CARBONARI et al., 2016). Portanto, comprova-se que a palha atua como uma barreira física, principalmente em situações onde não há a ocorrência de chuvas após a aplicação. Então, faz-se necessário o ajuste da dose do herbicida para compensar as perdas, tanto no controle das

plantas daninhas, quanto nos aspectos relacionados à seletividade, para evitar qualquer dano à cultura (CARBONARI et al., 2016).

O sistema de manejo ideal para uma área agrícola produtiva é a inserção de palha, pelos seus benefícios ao solo e para a cultura sucessora, e o controle cultural das plantas daninhas. Então, pensando desta forma, a palha é imprescindível no sistema produtivo, assim como a utilização de boas ferramentas para o controle das plantas daninhas, como os herbicidas pré-emergentes. É extremamente necessário aliar estes dois manejos, utilizando uma dose eficiente do herbicida, que promova o controle ideal e não prejudique a cultura.

A partir deste estudo, pode-se afirmar que em ambos os manejos com e sem palha foi verificada a fitotoxicidade na cultura. Porém, no manejo com palha, além de ele promover outros benefícios, ele também permite a recomendação do uso de uma dose mais elevada do herbicida, sulfentrazone + diuron, sem causar nenhuma injúria e podendo aumentar a eficiência de controle das plantas daninhas.

Os dados com as interações entre cultivar e cobertura e com significância para o efeito sobre a cultivar serão apenas apresentados em tabelas, não serão discutidos pois não vão de acordo com o objetivo do trabalho que é a interação das doses com os demais fatores (Tabelas 15 e 16).

Tabela 15 - Médias da altura aos 28 DAE e número de grãos por legume de cultivares de soja, após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron com e sem cobertura de solo. Passo Fundo, 2022.

Altura 28 DAE (cm)			Nº grãos legume		
Cobertura			Cobertura		
Cultivar	Com palha	Sem palha	Cultivar	Com palha	Sem palha
Ativa	23.66 aA	20.75 cA	Ativa	2.20 bA	2.24 aA
5917	24.11 aA	25.07 bA	5917	2.26 bA	2.30 aA
5958	24.33 aA	24.54 bA	5958	2.21 bA	2.04 aA
7062	25.00 aB	29.32 aA	7062	2.55 aA	2.19 aB
CV (%)	14,82		CV (%)	14,39	
CV (%)	10,48		CV (%)	06,43	
CV (%)	06,83		CV (%)	06,17	

*Médias não seguidas por mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

Tabela 16 - Médias do número de plantas aos 14 DAE e número de legume, de cultivares de soja, após a aplicação de doses de herbicida pré-emergente sulfentrazone + diuron com e sem cobertura de solo. Passo Fundo, 2022.

Cultivar	Nº plantas 14 DAE	Nº de legume
Ativa	12.46 b	55.59 a
5917	14.64 a	49.51 b
5958	12.70 b	53.13 a
7062	15.33 a	48.83 b
CV (%)	14,65	11,36

*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

4.5 Conclusões

Não se pode afirmar qual sistema de manejo de solo foi mais adequado, pois os dois mostraram-se eficientes em relação à interação com o herbicida. E, de acordo com o estudo, conclui-se que não há uma dose exata a ser recomendada, e sim um intervalo de doses, como está descrito na bula e registro do herbicida.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o experimento realizado em laboratório, verificou-se que todas as concentrações, exceto a testemunha que foi concentração de 0 mg.L⁻¹ do herbicida sulfentrazone + diuron, causaram alguma injúria às cultivares testadas. Porém, vale ressaltar que neste estudo as sementes de cada cultivar estavam em contato direto com o herbicida e não havia a interferência de nenhum fator ambiental, como interação herbicida – solo.

Os resultados do estudo feito em campo demonstraram que o herbicida sulfentrazone + diuron pode causar injúrias na cultura da soja. No entanto, essa sensibilidade pode variar dependendo das características fisiológicas e genotípicas de cada cultivar, ou seja, com a capacidade específica que cada uma delas têm de detoxificação ou metabolização. Portanto, há seletividade, mas ela é variável para cada cultivar.

A avaliação de fitotoxicidade aos 7 DAE mostra que houve uma grande variação em relação ao comportamento de cada cultivar para cada dose, mas é necessário um estudo mais aprofundado em relação à fisiologia da planta para confirmar quais processos de metabolização ocorreram de acordo com a combinação de doses e cultivares.

De acordo com o rendimento de grãos, as cultivares que apresentaram redução para esta variável analisada no sistema com palha foram a BMX Ativa e a M5917, mostrando maior sensibilidade para o herbicida sulfentrazone + diuron. E, em relação à escolha do sistema de manejo, com ou sem palha, pode-se observar que para o rendimento de grãos o sistema sem palha mostrou-se mais eficiente, pois não houve redução do rendimento de grãos das cultivares em relação às doses do herbicida.

6 CONCLUSÃO GERAL

Conclui-se que há sensibilidade das cultivares ao herbicida sulfentrazone + diuron, porém esta varia em relação a cada cultivar e também depende da interação do herbicida com o ambiente.

A interferência da palha na seletividade do herbicida colaborou para a redução do rendimento de grãos de algumas cultivares. Contudo, é necessário ponderar os aspectos positivos e negativos deste manejo de solo.

Portanto, de acordo com este estudo, caso fosse preciso optar pela cultivar com menor sensibilidade em relação ao manejo de solo e dose do herbicida, a análise deveria ser sobre a variável rendimento, pois é considerada uma das mais importantes pelo produtor de soja. Então, levando isso em consideração, a cultivar que se destacou com rendimento mais elevado, independente da dose e do manejo de solo, com ou sem palha, foi a cultivar DM5958.

A dose e o manejo adequados são aqueles que trazem mais benefícios à cultura, sem causar danos. Não se pode afirmar que há uma dose exata para ser aplicada do herbicida sulfentrazone + diuron. Pois, de acordo com os dados levantados durante este estudo, foi possível verificar que as reações das plantas e o comportamento do herbicida podem variar muito. Então, o mais correto a ser utilizado é uma faixa de doses (0,7 a 1,4 L.ha⁻¹) conforme está indicado no registro e na bula do produto.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S. et al. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Embrapa, Londrina, 2017. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162704/1/CT132-OL.pdf>>.

Acesso em: 19 fev. 2022.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2021. Disponível em:

<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 set. 2021.

ARAUJO, I. C. L. et al. Sorção de Diuron em Minerais da Fração Argila. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1312-1317, 2012.

BAJWA, A. A. et al. Biology and management of two important Conyza weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 24, p. 24694-710, 2016.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998.

BECKIE, H. J.; HARKER, K. N. Our top 10 herbicide-resistant weed management practices. **Pest Management Science**, v. 73, n. 6, p. 1045-1052, 2017.

BECKIE, H. J.; REBOUD, X. Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture. **Weed Technology**, v. 23, n. 3, p. 363-370, 2009.

BECKIE, H. J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. **Pest Management Science**, v. 67, n. 9, p. 1037-1048, 2011.

CARBONARI, C. A. et al. Dynamics of sulfentrazone applied to sugarcane crop residues. **Weed Science**, v. 64, n. 1, p. 201-206, 2016.

CHACHALIS, D.; REDDY, K. N. Factors affecting *Campis radicans* seed germination and seedling emergence. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 212-216, 2000.

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

COBB, A. H.; READE, J. P. H. **Herbicides and plant physiology**. London: Wiley, 2010.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativa indica aumento na produção de grãos na safra 2021/22, com previsão em 288,61 milhões de toneladas**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4316-estimativa-indica-aumento-na-producao-de-graos-na-safra-2021-22-com-previsao-em-288-61-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., S. R.; OLIVEIRA NETO, A. M. **Buva: fundamentos e recomendações para manejo**. 2. ed. Curitiba: Ominipax, 2013.

DAMIN, V. **Biodegradação, sorção e desorção do herbicida 14C-Diuron em dois Latossolos tratados com lodo de esgoto**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

DAN, L. G. M. et al. Efeito de diferentes inseticidas sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 50-57, 2010.

DAYAN, F. E. et al. Postaratividade de emergência do sulfentrazone: efeitos de surfactantes e superfícies foliares. **Weed Science**, v. 44, n. 5, p. 797-803, 1996.

DAYAN, F. E. et al. Soybean (*Glycine max*) Cultivar differences in response to sulfentrazone. **Weed Science**, v. 45, n. 5, p. 634-41, 1997.

DUKE, S. O. et al. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 465-473, 1991.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. **Dados do Laboratório de Agrometeorologia**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2021. Disponível em:

<<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/graficos.php>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2020/21)**. Embrapa Soja, Londrina, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC. Committee of methods in Weed Research. **Weed Research**, v. 4, p. 88, 1964.

FERNANDES, J. R.; NEVES, M. F. (Coord.). **Soja e milho: plano estratégico para as cadeias produtivas do agronegócio no Estado do Tocantins: 2018 – 2027**. Palmas: Sistema FIETO, 2018.

FISHER, L. R. et al. Uptake, translocation, and metabolism of root absorbed sulfentrazone and sulfentrazone plus clomazone in flue-cured tobacco transplants. **Weed Technology**, v. 20, n. 48, p. 98-902, 2006.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Teste-Padrão de germinação modificado para análise da tolerância de cultivares de soja ao herbicida sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 23, p. 43-7, 2005.

GEHERKE, V. R.; CAMARGO, E. R.; AVILA, L. A. Sulfentrazone: environmental dynamics and selectivity. **Planta Daninha**, v. 38, 2020.

GUBIANI, J. E. et al. Selectivity and weed control from the formulated mixture of sulfentrazone + diuron in soybean. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 63320-63333, 2021.

HARTZLER, B. **Absorption of soil-applied herbicides**. 2002. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/soilabsorption.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

HEAP, I. **The international herbicide-resistant weed database**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 27 abr. 2021.

HEIFFIG, L. S. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, p. 285-295, 2006.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 160-170, 2000.

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

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2014. Disponível em: http://www.hracbr.com.br/arquivos/texto_resistencia_herbicidas.doc. Acesso em: 20 out. 2020.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Bernardo do Campo: BASF, 1999.

KOSKINEN, W. C.; HARPER, S. S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H. H. (ed.) **Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling**. Madison: Soil Sci, 1990. p. 530.

KRAUSZ, R. F.; YOUNG, B. G. Sulfentrazone enhances weed control of glyphosate in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 17, n. 2, p. 249-55, 2003.

KRENCHINSKI, F. H. et al. Desempenho agrônômico de soja cultivada em sucessão a espécies de cobertura de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 8, p. 909-917, 2018.

LONG, Y. H.; LI, R. T.; WU, X. M. Degradation of s-metolachlor in soil as affected by environmental factors. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 14, n. 1, p. 189-198, 2014.

MARCOS FILHO, J. Germinação. In: MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 197-252.

MARTINS, B. A. B. **Biologia e manejo da planta daninha *Borreria densiflora* DC**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MEROTTO JR. A. et al. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2002.

MONQUERO, P. A. et al. Lixiviação e Persistência dos Herbicidas Sulfentrazone e Imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 185-195, 2010.

MUELLER, T. C. et al. Dissipation of fomesafen, saflufenacil, sulfentrazone, and flumioxazin from a Tennessee soil under field conditions. **Weed Science**, v. 62, n. 4, p. 664-671, 2014.

NANDULA, V. K.; EUBANK T. W.; POSTON D. H.; KOGER C. H.; REDDY K. N. Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, v. 54, n. 5, p. 898-902, 2006.

OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Biologia e manejo de plantas daninhas. In: BRIGHENTI M. A; OLIVEIRA F. M. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA JR., R. S; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA, M. F. de. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 315-355.

OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicida flazasulfuron. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 101-113, 2005.

OWEN, M. D. K.; ZELAYA, I. A. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. **Pest Management Science**, Sussex, LW, v. 61, n. 3, p. 301-311, 2005.

PASSOS, A. B. RJ et al. Sorption and desorption of sulfentrazone in Brazilian soils. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 48, n. 8, p. 646-650, 2013.

PATEL, F. **Eficiência agrônômica e persistência de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja**. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Área de Concentração: Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, 2018.

PIASECKI, C. et al. Glyphosate resistance affect the physiological quality of *Conyza bonariensis* seeds. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

PITELLI, R. A. O termo planta-daninha. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, 2015.

PROCÓPIO, S. D. et al. Efeito da irrigação inicial na profundidade de lixiviação do herbicida s-metolachlor em diferentes tipos de solo. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 409-417, 2001.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: 2003.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and anvasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

RAIMONDI, M. A. et al. Atividade residual de herbicidas aplicados ao solo em relação ao controle de quatro espécies de *Amaranthus*. **Planta Daninha**, v. 28, p. 1073-1085, 2011.

REDDY, K. N.; LOCKE, M. A.; GASTON, L. A. Tillage and cover crop effects on cyanazine adsorption and desorption kinetics. **Soil Science**, v. 150, n. 7, p. 501-509, 1997.

REILING, K. L. et al. Application timing and soil factors affect sulfentrazone phytotoxicity to two soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars. **Crop Protection**, v. 25, p. 230-234, 2006.

RIZZARDI, M. A. et al. Aspectos gerais do controle de plantas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 105-144.

RIZZARDI, M. A. **O que se busca com um herbicida pré-emergente na soja?** UP-Herb – Academia das plantas daninhas, Passo Fundo, 2020. Disponível em: <<https://upherb.com.br/int/o-que-se-busca-com-um-herbicida-pre-emergente-na-soja>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

RIZZI, F. R. **Sorção de sulfentrazone em função da textura, matéria orgânica e umidade de solos**. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

RODRIGUES, B. N. et al. Influência da cobertura morta na retenção do imazaquin em plantio direto em soja. **Planta Daninha**, v. 18, p. 231- 239, 2000.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Iapar, 2005.

RODRIGUES, B. N.; LIMA, J.; YADA, I. F. U. Retenção pela palhada, de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja, em plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 55, n. 67, 2000.

ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em latossolo vermelho e em chernossolo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 701-710, 2005.

SHANER, D. L. **Herbicide Handbook**. 10. ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2014.

SILVA, A. A. et al. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A. A. da; SILVA, J. F. da (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007a. p. 1-62.

SILVA, A. A. et al. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A. A. da; SILVA, J. F. da (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007b. p. 189-248.

SILVA, A.F. et al. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 65-71, 2008.

SIMÃO, A. A.; CASIMIRO, E. L. Efeitos de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja (*Glycine max*). **Cultivando o Saber**, p. 100-107, 2017.

SPADOTTO, C. A. Monitoramento e avaliação de impactos de herbicidas no ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Anais...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima temperado, 2002.

TREZZI, M. M.; NUNES, A. L.; PORTES, E. S. Interação entre inseticida organofosforado e herbicidas inibidores da PROTOX e sua implicação na resistência de *Euphorbia heterophylla*. **Scientia Agrícola**, v. 10, n. 6, p. 423-428, 2009.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Projections to 2026. **USDA Agricultural**, 2017. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/82539/oce-2017-1.pdf?v=42788>>. Acesso em: 17 set. 2017.

VARGAS, L. et al. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região Sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 573-8, 2007.

VASSIOS, J. D. **Herbicide absorption and translocation by eurasian watermilfoil and hrydrilla**. 2012. 76 f. Tese (Doutorado) – Colorado State University For Collins, 2012.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismo de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Embrapa, 1997.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

XAVIER, E. **Mecanismos de resistência e resposta aos herbicidas inibidores da ALS e da PROTOX em Euphorbia heterophylla L.** 2014. 211 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

WAUCHOPE, R. D. et al. Pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limatations and reliability. **Pest Management Science**, v. 58, n. 5, p. 419-445, 2002.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Germination of *Conyza canadensis* and *Conyza bonariensis* seeds under different conditions of temperature and light. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 333-342, 2011.

ZACHARIAS, W. L. F. T. Weed control and soybean agronomic performance in response to application of sulfentrazone + diuron in pre-emergence. **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 3, p. 70-82, 2021.

ZANON, A. J. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 279-290, 2015.

ZINZOLKER, A.; KIGEL, J.; RUBIN, B. Effects of environmental factors on the germination and flowering of *Conyza albida*, *C. bonariensis* and *C. canadensis*. **Phytoparasitica**, v. 13, n. 3, p. 229-230, 1985.

APÊNDICES

Apêndice I – Título

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		Nota (%)	Bio
Cultivares	1	649,03	4,61
Doses	6	16197,24	0,06
Cultivares x Doses	3	91,39	0,07
Erro	3	18,22	0,065
Total	111		
CV (%)		6,13	34,12

* Valores significativos ao nível de 5%
Fonte: Dados do autor.

Apêndice II – Título

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS												
		Alt 14 DAE	Alt 28 DAE	Bio 14 DAE	Bio 28 DAE	IAF 14 DAE	IAF 28 DAE	N PLANT 7 DAE	N PLANT 14 DAE	N GRAOS VAGEM	N VAGENS	PMS	N PLANT FINAL	REND
Cobertura	1	12,19	23,12	0,01	13,08	0,38	27,48	0,16	22,50	0,7	0,80	13,38	6,05	22338,24
Erro (A)	6	11,90	55,89	0,11	43,19	1,60	118,84	5,96	8,24	0,66	93,63	444,34	8,45	98309,84
Cultivares	3	1,30	230,22	2,50	152,27	1,60	97,92	33,98	113,11*	0,57	563,81*	2968,63	13,38	80994,89
Cobertura x Cultivares	3	2,33	123,21*	0,28	35,03	0,42	29,91	5,29	6,74	0,51*	109,18	442,31	2,26	200780,49
Erro (B)	18	1,62	27,66	0,12	13,37	0,25	10,04	5,12	16,96	0,14	140,51	343,33	4,41	126832,22
Doses	6	1,74	47,60	0,18	22,79	0,06	28,68	6,86	2,06	0,07	73,74	124,27	5,47	7896,39
Cobertura x Doses	6	1,69	19,43	0,14	7,47	0,13	17,33	5,28*	2,53	0,18	93,81	368,38*	3,81	99334,23
Cultivares x Doses	18	1,52	34,59*	0,17	19,12	0,12*	14,22	2,01	2,07	0,20	82,21	273,85	2,67	82515,29
Cobertura x Cultivares x Doses	18	1,34	18,55	0,15*	15,71*	0,10	24,68*	1,98	2,53	0,09	136,56	125,44	5,11*	135639,20*
Erro (C)	141	1,04	11,50	0,07	4,43	0,06	3,10	1,92	3,80	0,12	112,06	170,04	2,05	72107,98
Total	223													
CV 1 (%)		32,8	30,89	21,60	56,53	98,11	80,80	21,03	20,83	36,25	18,69	19,84	25,94	14,62
CV 2 (%)		12,10	21,38	22,48	31,45	39,18	23,49	19,5	29,89	16,98	22,90	17,44	18,75	16,60
CV 3 (%)		10,52	13,79	17,82	18,10	20,36	13,07	11,95	14,15	15,53	20,45	12,27	11,20	12,52

* Valores significativos ao nível de 5%

Fonte: Dados do autor.



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV