

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO ROZIN TICIANI

**PERSISTÊNCIA DOS HERBICIDAS 2,4-D, DICLOSULAM+HALAUXIFEN-METHYL
E FLORPYRAUXIFEN-BENZYL NO SOLO E EFEITO SOBRE CULTIVARES DE
SOJA**

PATO BRANCO

2021

EDUARDO ROZIN TICIANI

**PERSISTÊNCIA DOS HERBICIDAS 2,4-D, DICLOSULAM+HALAUXIFEN-METHYL
E FLORPYRAUXIFEN-BENZYL NO SOLO E EFEITO SOBRE CULTIVARES DE
SOJA**

**Persistence of 2,4-D herbicides, diclosulam + halauxifen-methyl and
florpyrauxifen-benzyl in soil and effect on soybean cultivars**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador: Michelangelo Muzell Trezzi

PATO BRANCO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EDUARDO ROZIN TICIANI

**PERSISTÊNCIA DOS HERBICIDAS 2,4-D, DICLOSULAM+HALAUXIFEN-METHYL
E FLORPYRAUXIFEN-BENZYL NO SOLO E EFEITO SOBRE CULTIVARES DE
SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia
do *Campus* Pato Branco da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/outubro/2021

Michelangelo Muzell Trezzi
Doutorado em Fitotecnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marisa de Cacia Oliveira
Doutorado em Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Helis Marina Salomão
Engenheira Agrônoma
Programa de Pós-Graduação em Agronomia PPGAG-PB UTFPR - Mestranda

PATO BRANCO

2021

Dedico esse trabalho a minha família e amigos que sempre me incentivaram para conquistar meu sonho de ser Agrônomo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora Aparecida.

Agradeço meus pais Eliane Rozin e Everaldo Ticiani, meus avós Ivanilda Rozin e Delvino Rozin, e ao meu padrasto Mauricio Fazolo

Agradeço ao meu orientador Michelangelo Muzzel Trezzi, que desde o início da graduação sempre me ajudou e incentivou na minha carreira agrônoma.

Agradeço ao grupo NIPED pelo apoio no desenvolvimento do experimento e conselhos.

Agradeço aos meus companheiros de experimento Victor Bohn e Alisson Schmoller.

Agradeço a todos meus amigos de graduação pela ajuda e companheirismo no período que estivemos juntos.

Agradeço aos funcionários da UTFPR Pato Branco.

Agradeço aos membros da banca pela disponibilidade e contribuições referentes à monografia.

Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás comigo (BÍBLIA, 2008)

RESUMO

Nas últimas décadas a demanda por alimentos vem crescendo intensamente, com isso, o setor agrícola busca a cada dia mais alternativas para aumentar a produtividade por área. As plantas daninhas são um dos fatores que mais impactam negativamente na produtividade das culturas. A tecnologia Enlist se destaca entre as mais recentes, permitindo a aplicação de herbicidas auxínicos (2,4-D Sal colina) em pós-emergência da cultura da soja, visando controle de plantas daninhas que apresentaram resistência ao glifosato. O presente estudo buscou determinar o efeito de novos herbicidas auxínicos que já estão ou que serão introduzidos no mercado, da sua persistência e efeitos sobre cultivares de soja. Foi realizado na Área Experimental da UTFPR – Campus Pato Branco durante a safra 2019/2020. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso em parcela subdivididas, com 3 repetições. Nas parcelas principais foram utilizadas duas cultivares de soja (BMX Elite RR e Enlist E3), nas subparcelas três herbicidas (2,4-D sal colina, floryprauxifen-benzyl e diclosulam+halauxifen-metryl) mais testemunha sem aplicação, e nas sub-sub parcelas cinco intervalos de aplicação anteriores à semeadura das cultivares de soja (45, 30, 15, 7, 0 dias). Foram avaliadas a altura de planta (cm), estande de plantas (planta /ha⁻¹), tolerância da cultura (%) e rendimento de grãos e seus componentes. Em geral, o herbicida diclosulam+halauxifen-methyl foi o que causou maior fitotoxicidade às cultivares de soja, em intervalo entre 15 dias até o dia da semeadura, afetando principalmente o desenvolvimento vegetativo da cultura, sendo possível observar seus sinais de fitointoxicação até o período reprodutivo. O herbicida floryprauxifen-benzyl mostrou baixa persistência, impactando negativamente o desenvolvimento das cultivares de soja até 7 dias antes da semeadura, com sinais visíveis de intoxicação apenas nos primeiros dias de desenvolvimento. O herbicida 2,4-D demonstrou baixa persistência, a partir dos 15 dias antes da semeadura impactou a variedade RoundupReady, causando fitotoxidez visual e alterações morfológicas. A variedade Enlist E3 não foi impactada pelo herbicida, sendo que seu maior impacto foi o estiolonamento da cultura na altura de colheita. Em geral, os herbicidas causaram impacto negativo no desenvolvimento da cultura, entretanto a elevada capacidade compensatória das plantas impediu reflexo negativo na sua produtividade.

Palavras-chave: persistência; herbicidas auxínicos; *glycine max*; intervalo para o plantio; fitotoxicidade.

ABSTRACT

In recent decades, the demand for food has been growing intensely, with this, the agricultural sector is increasingly seeking alternatives to increase productivity per area. Weeds are one of the factors that most negatively impact crop productivity. The Enlist technology stands out among the most recent, allowing the application of auxinic herbicides (2,4-D Sal choline) in post-emergence of the soybean crop, aiming to control weeds that presented resistance to glyphosate. The present study sought to determine the effect of new auxinic herbicides that are already or will be introduced on the market, their persistence and effects on soybean cultivars. It was carried out in the Experimental Area of UTFPR – Pato Branco Campus during the 2019/2020 harvest. A randomized block design in a split plot with 3 replications was used. In the main plots two soybean cultivars (BMX Elite RR and Enlist E3) were used, in the subplots three herbicides (2,4-D salt choline, florpyrauxifen-benzyl and diclosulam+halauxifen-metryl) plus control without application, and in the sub-subplots five application intervals prior to sowing of soybean cultivars (45, 30, 15, 7.0 days). Plant height (cm), plant stand (plant /ha⁻¹), crop tolerance (%) and grain yield and its components were evaluated. In general, the herbicide diclosulam+halauxifen-methyl was the one that caused the greatest phytotoxicity to soybean cultivars, in an interval between 15 days until the day of sowing, mainly affecting the vegetative development of the crop, being possible to observe its signs of phytotoxicity until the period reproductive. The herbicide florpyrauxifen-benzyl showed low persistence, negatively impacting the development of soybean cultivars up to 7 days before sowing, with visible signs of intoxication only in the first days of development. The 2,4-D herbicide showed low persistence, from 15 days before sowing, it impacted the RoundupReady variety, causing visual phytotoxicity and morphological changes. The variety Enlist E3 was not impacted by the herbicide, and its greatest impact was the erosion of the crop at harvest time. In general, herbicides had a negative impact on crop development, however, the high compensatory capacity of the plants prevented a negative impact on its productivity.

Keywords: persistence; auxinic herbicides; 2,4-d; *glycine max*; interval for planting; phytotoxicity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação pluvial diária, temperatura média, máxima e mínima do ar, no período de 07/10/2019 à 28/03/2020.....	25
Figura 2 – Estande de plantas de soja aos 14 dias após semeadura, em função dos herbicidas aplicados (A) e dos intervalos anteriores à semeadura (B) de plantas de soja cultivar BMX Elite, submetidas a aplicação de diferentes herbicidas em diferentes períodos na pré emergência. UTFPR, Campus Pato Branco 2020.....	27
Figura 3 – Estande de plantas de soja aos 22 dias após a semeadura, em função dos herbicidas aplicados para a cultivar BMX Elite RR (A) e Enlist (B) submetidos a aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....	28
Figura 4 – Altura de plantas de soja aos 22 dias após semeadura, em função dos herbicidas aplicados (A) e dos intervalos anteriores à semeadura (B) de plantas de soja, cultivar Enlist, submetidas a aplicação de diferentes herbicidas em diferentes períodos na pré-emergência. UTFPR Campus, Pato Branco, 2020.....	29
Figura 5 – Tolerância de cultivares de soja aos 22 dias após semeadura, em função dos herbicidas aplicados e dos intervalos anteriores à semeadura de plantas de soja, para as cultivares BMX Elite RR (A) e Enlist (B) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em diferentes períodos em pré-semeadura da cultura. UTFPR Campus Pato Branco 2020.....	30
Figura 6 – Tolerância de cultivares de soja em R1 em função dos herbicidas aplicados e dos intervalos anteriores à semeadura de plantas de soja, para as cultivares BMX Elite RR (A) e Enlist (B) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em diferentes intervalos de aplicação em pré-semeadura. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....	32
Figura 7 – Altura de plantas de soja em estadio R1 da cultivar Enlist submetidas a diferentes herbicidas auxínicos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020.....	33
Figura 8 – Altura de plantas de soja em Maturação fisiológica de cultivares de soja BMX Elite (A) e Enlist (B) submetidas a diferentes herbicidas auxínicos e com diferentes intervalos de aplicação em pré-semeadura. UTFPR Campus Pato Branco safra 2020.....	34
Figura 9 – Altura da 1° vagem de plantas de soja de cultivar Enlist submetido a diferentes herbicidas auxínicos em pré-semeadura. UTFPR Campus Pato Branco 2020.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo vermelho Distroférrico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	23
Tabela 2 – Variáveis dos componentes de rendimento da cultura da soja para produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV) estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) para as cultivares BMX Elite RR e Enlist em função dos tratamentos de herbicidas. UTFPR Campus Pato Branco 2020.....	33
Tabela 3– Variáveis dos componentes de rendimento da cultura da soja para produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV) estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) para as cultivares BMX Elite RR e Enlist em função dos tratamentos de herbicidas. UTFPR Campus Pato Branco 2020.....	34
Tabela 4 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis estande de plantas (plantas ha ⁻¹) aos 14 (EST14) e aos 22 (EST22) dias após semeadura; tolerância da cultura aos 22 dias após semeadura (TOL22) e no florescimento (TOLR1) da cultivar de soja BMX Elite RR submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura.....	44
Tabela 5 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis altura de planta aos 22 dias após semeadura (ALT22); estande de planta (plantas ha ⁻¹) aos 22 dias após semeadura (EST22); tolerância da cultura aos 22 dias após semeadura (TOL22) e no florescimento (TOLR1) da cultivar de soja Enlist submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura.....	44
Tabela 6 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis altura da primeira vagem (ALT1V); altura em maturação fisiológica (ALTMF); produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV); estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) da cultivar de soja BMX Elite RR submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura.....	45
Tabela 7 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis altura da primeira vagem (ALT1v); altura em maturação fisiológica (ALTMF); produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV); estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) da cultivar de soja Enlist submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIMEPAR PR	Sistema Meteorológico do Paraná Unidade da Federação – Paraná
---------------	--

LISTA DE SÍMBOLOS

DAS	Dias após a semeadura
G	Gramas
Ha	Hectare
Ha ⁻¹	Por hectare
Kg	Quilograma
RR	Roundup Ready
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Geral.....	15
2.2	Específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Importância da cultura da soja.....	16
3.2	A problemática das plantas daninhas.....	16
3.2.1	Controle de plantas daninhas resistentes.....	18
3.3	Herbicidas.....	19
3.3.1	Mimetizadores de auxinas.....	19
3.3.1.1	<u>Características do herbicida 2,4D.....</u>	19
3.3.1.2	<u>Características do herbicida floryrauxifen-benzyl.....</u>	21
3.3.1.3	<u>Características do herbicida diclosulam+halauxifen-methyl.....</u>	22
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5.1	Avaliações morfológicas.....	26
5.2	Caracteres avaliados na colheita.....	32
6	CONCLUSÕES.....	38
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	APÊNDICE A – TABELAS DE ANOVA.....	44

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja vem ganhando cada vez mais importância para a sociedade, é responsável por uma diversidade de produtos utilizados no nosso cotidiano. Essa crescente demanda vem sendo acompanhada de uma expansão de área plantada (exploração de novas fronteiras agrícolas) e de busca por melhorias na produtividade da cultura. Para que isso se concretize, são necessários investimentos crescentes na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que propiciem soluções aos distintos problemas enfrentados, fazendo com que alavanque a produção de uma forma cada vez mais limpa e sustentável (MOREIRA, 2012).

O controle das plantas daninhas na cultura da soja é de suma importância, pois se elas permanecerem durante o ciclo da cultura ocasionam competição interespecífica com a soja, por luz, água, nutrientes, espaço. Essa competição ocasiona perdas de produtividade que podem ser superiores à 80%. Além disso as plantas daninhas também podem ser hospedeiras de pragas e doenças (VARGAS; ROMAN, 2016).

Para o controle de plantas daninhas podem ser utilizadas diversas técnicas, entre elas, a dessecação em pré-semeadura é frequente (VARGAS; ROMAN, 2016). Alguns herbicidas precisam de um período de carência para que não causem danos à cultura da soja, entretanto esse período de carência vai variar de acordo com as características do herbicida, solo, temperatura, umidade (do solo), teor de matéria orgânica entre outros (VIDAL; MEROTTO JUNIOR, 2001).

Um dos herbicidas que vem se destacando no controle de plantas daninhas problema no Brasil é o 2,4D (ácido diclorofenoxiacético), um mimetizador de auxina que é amplamente utilizado no controle de dicotiledôneas, em culturas do milho, arroz, cana, pastagens, e, na dessecação pré-semeadura da soja, onde sua utilização é fundamental no controle de plantas daninhas resistentes como buva (*Conyza spp.*) e caruru (*Amaranthus palmeri*) (ANDRADE JUNIOR *et al.*, 2018; KARAM *et al.*, 2010).

Entretanto o 2,4-D é um herbicida que em aplicações na pré-semeadura pode causar fitotoxicidade na soja devido ao seu efeito residual. Fatores como dose utilizada e condições climáticas podem modificar a sua meia-vida no solo,

determinando os efeitos do herbicida sobre as plantas. Em situações em que pelo menos o dobro da dose foi aplicada, aumentou-se em duas vezes os efeitos tóxicos para as plantas, com redução do crescimento das raízes e da parte aérea (CECATO *et al.*, 2017).

Com o objetivo de conciliar controle de plantas daninhas resistentes, potencial produtivo elevado e a possibilidade de aplicações pós-emergentes, a Corteva Agriscience está desenvolvendo variedades de soja com a tecnologia Enlist™, capazes de tolerar aplicações aéreas de 2,4-D, glifosato e glufosinato de amônio em pós-emergência da cultura. Cultivares com essa tecnologia possibilitarão maior número de opções de controle aos agricultores, e também, maior flexibilidade de manejo. Plantas daninhas que não foram adequadamente controladas na pré-semeadura, devido à pequena janela de plantio entre o trigo e semeadura da soja, ou em situações em que ocorreram novos fluxos de emergência de plantas daninhas durante o período crítico de competição (aproximadamente até os 30 dias após semeadura) poderão ser controladas adequadamente com o uso de cultivares Enlist™ (CORTEVA, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar efeito residual dos herbicidas 2,4-D, diclosulam+halauxifen-methyl e florpyrauxifen-benzyl no solo e o seu efeito para cultivares de soja com diferentes bases genéticas.

2.2 Específicos

1° Determinar o efeito residual dos herbicidas 2,4-D, diclosulam+halauxifen-methyl e florpyrauxifen-benzyl em Latossolo vermelho distroférico, utilizando como alvo cultivares de soja RR e Enlist™.

2° Determinar o intervalo de tempo necessário da aplicação dos herbicidas 2,4D, diclosulam+halauxifen-methyl e florpyrauxifen-benzyl para que não haja toxicidade às cultivares de soja Enlist™ e RR.

3° Determinar o efeito decorrente da aplicação dos herbicidas 2,4-D, diclosulam+halauxifen-methyl e florpyrauxifen-benzyl sobre o desenvolvimento das plantas e o rendimento de grãos de cultivares de soja Enlist™ e RR.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da cultura da soja

A primeira referência sobre a soja foi feita há mais de 5000 anos, quando o imperador chinês Shen-Nung iniciou o cultivo da leguminosa como uma alternativa para substituir a gordura, que era retirada sobretudo dos animais. Somente no final da Primeira Guerra Mundial a soja começou a ganhar força com a fundação em 1921 da American Soybean Association (ASA), sendo esse o marco inicial da cadeia produtiva da mundial da soja (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE SOJA, 2019).

A soja só chegou ao Brasil com importância na década de 60, pois percebeu-se que seria uma alternativa para a safra de verão na região Sul (onde o trigo era a principal cultura) e acompanhado a isso, suprimindo a crescente demanda de farelo por conta do início da criação de suínos e aves. Em meados da década de 70 houve grande investimento de interesse comercial na leguminosa, sendo que o Brasil produzia na entressafra americana, justamente quando os preços estavam em alta; com isso iniciaram-se as pesquisas com a soja (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2019).

Os produtos mais exportado pelo Brasil em 2021 foram os do complexo soja, como grãos, óleo e farelo, sendo esse responsável por 15% de toda a exportação brasileira, com movimentação de cerca de 35 bilhões de dólares, ficando à frente de produtos relevantes como minérios e petróleo (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021). Entre os principais usos da soja, destacam-se, principalmente, a para alimentação humana e, a alimentação animal, na indústria (produção de cosméticos até tintas e plásticos), e na obtenção de biodiesel, entre outros (CECHINEL, 2019).

3.2 A problemática das plantas daninhas

As plantas daninhas estão entre as principais responsáveis pela redução da produtividade da soja, através da competição por luz, água, nutrientes e espaço. Essa redução pode chegar até 80%, e, em alguns casos específicos, até percentuais

maiores, por exemplo em infestações severas de corda de viola que pode inviabilizar a colheita (VARGAS; ROMAN, 2016).

Com a necessidade de um controle mais efetivo de plantas daninhas, e, da diminuição dos custos, no final da década de 90 foram desenvolvidas cultivares transgênicas com resistência ao glifosato (RRTM), que proporcionaram diversas vantagens: no manejo das plantas daninhas, facilidade de adoção de técnicas integradas como por exemplo o plantio direto, menor custo de produção e maior eficiência de controle, além de um impacto ambiental menor por conta da diminuição de misturas de herbicidas utilizadas até então. Entretanto as cultivares RRTM também trouxeram problemas, como o uso desse herbicida como ferramenta única de controle, provocando contaminação ambiental e seleção de plantas daninhas resistentes e tolerantes (MONQUERO, 2005).

Plantas daninhas resistentes ou tolerantes ao principal princípio ativo utilizado no País, o glifosato, estão distribuídas por todas as regiões produtoras com intensidades de infestação variando de acordo com suas preferências edafoclimáticas, práticas de manejo impostas pelos agricultores, entre outros fatores. Populações de buva apresentando grandes infestações na região sul, com certa adaptação (dependendo da espécie) para a região do Centro-Oeste atingindo laguns estardos do Nordeste (região conhecida como Matopiba, que envolve os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Espécies de buva estão presentes em 49% das áreas produtivas de soja no Brasil, o que corresponde a cerca de 16 milhões de hectares. Populações de trapoeraba (*Commelina* spp.) apresentam maiores infestações no Centro-Oeste, com maiores concentrações nas regiões do Mato Grosso até Matopiba, totalizando 13,6 milhões de hectares, representando 41,2% das áreas produtoras de soja no país (LUCIO *et al.*, 2018).

A buva se destaca entre as plantas resistentes que mais causam problemas aos agricultores. Suas características fisiológicas (rebrotas) e de reprodução (sementes leves que são transportadas pelo vento), conferem a ela necessidades mais específicas de controle (aplicações sequenciais e manejo antecipado). Sua presença na lavoura podem conferir perdas significativas de produtividade; Cada planta de *Conyza bonariensis* é capaz de reduzir a produtividade de soja em 36%, 12% e 1% quando estabelecida 81, 38 e no mesmo dia da semeadura da soja respectivamente (TREZZI *et al.*, 2015).

3.2.1 Controle de plantas daninhas resistentes

Com a evolução do sistema de plantio direto, o uso de herbicidas se tornou uma medida indispensável a ser integrada com outras práticas de manejo. O manejo nesse caso deve ser elaborado visando uma união de práticas pré e pós semeadura, tanto de inverno como de verão. A utilização de métodos como dessecação de inverno, uso de herbicidas na pré-semeadura da soja (dessecação, pré-emergentes) tem se mostrado a melhor estratégia visando o controle de plantas daninhas endêmicas, como é o caso da buva (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2010). O controle químico deve ser integrado a outras práticas de manejo, como o uso de coberturas viva e morta, para que o controle de espécies como buva e amargoso (*Digitaria insularis*) sejam mais eficientes e com menor custo para os agricultores (LAMEG *et al.*, 2013).

Plantas de buva e de capim amargoso resistentes ao glifosato necessitam de estratégias específicas para seu manejo. A operação de dessecação é fundamental para que o controle seja mais eficiente e com menor custo. Herbicidas como 2,4-D, glufosinato de amônio, paraquat+diuron, saflufenacil, entre outros, têm se mostrado eficientes no controle do complexo de plantas daninhas da soja, tanto as resistentes como tolerantes (LEITE *et al.*, 2014). Plantas de buva e amargoso podem apresentar problemas de rebrota após a operação de dessecação, especialmente quando se encontram em estádios de desenvolvimento avançado.

Especificamente para o controle de buva, muitos agricultores vem utilizando herbicidas mimetizadores de auxina para melhorar o desempenho da operação de dessecação dessas espécies. Entretanto, essa classe de herbicida pode causar fitotoxicidade nas plantas de soja se não for respeitado o intervalo de tempo mínimo necessário entre a aplicação e a semeadura, esse intervalo será variável para cada herbicida, e de acordo com as condições edafoclimáticas.

A tecnologia Enlist da empresa Corteva está sendo desenvolvida e promete ser uma forte aliada para o agricultor no controle de plantas daninhas resistentes. Ela traz consigo uma modificação genética que possibilita a aplicação de herbicidas, como 2,4-D e glufosinato, sem perder a resistência ao glifosato (CORTEVA, 2019).

Estudos realizados acerca das características fisiológicas da soja Enlist E3 constataram que, os teores de clorofila não diferiram após aplicações de glifosato, e,

sua aplicação em diferentes estádios de desenvolvimento não resultaram em nenhum efeito tóxico. Também o 2,4-D colina, isolado ou associado ao glifosato, não causou efeitos tóxicos à soja Enlist E3 (SILVA, 2018).

Essa tecnologia de resistência da soja aos herbicidas mimetizadores de auxina envolve a inserção de três genes: aad-12 (*Delftia acidovorans*, bactéria), pat (*Streptomyces viridochromogenes*) e 2mepsps (*Zea mays*), os quais conferem, respectivamente, tolerância ao 2,4-D, glufosinato e glifosato (EPP *et al.*, 2016).

3.3 Herbicidas

3.3.1 Mimetizadores de auxinas

As auxinas sintéticas são um grupo de herbicidas antigo. O 2,4-D, por exemplo, foi registrado para uso agrícola em 1945. Esses herbicidas são utilizados no controle de plantas daninhas de folhas largas (latifoliadas) em aplicações pós emergentes, sendo empregados em dessecações pré-plantio, e no pós plantio na eliminação de plantas daninhas dicotiledôneas em espécies cultivadas gramíneas, como o milho e o trigo por exemplo (VIDAL; MEROTTO JUNIOR, 2001).

O período de persistência no solo dos herbicidas mimetizadores de auxina pode ser alterado de acordo com as condições climáticas e características do solo. As auxinas sintéticas quanto em formulação éster (2,4-D éster e Fluroxipyr), apresentam uma alta adsorção aos coloides do solo, porque esse tipo de formulação tem baixa solubilidade em água e alta afinidade em constituintes lipofílicos dos coloides, principalmente em relação à matéria orgânica. Formulação sal de amina apresenta uma maior solubilidade em água, média ou baixa adsorção aos coloides orgânicos e minerais do solo, pois o sal se dissocia quando em solução aquosa e sofrem modificações nas suas cargas elétricas. Em solos alcalinos as moléculas adquirem cargas negativas e ficam menos adsorvidas a argila; em solos ácidos elas ficam neutras e ficam mais adsorvidas à argila (VIDAL; MEROTTO JUNIOR, 2001).

3.3.1.1 Características do herbicida 2,4D

O 2,4-D é um herbicida seletivo para o controle de plantas infestantes de folha larga em meio a culturas como arroz, cana-de-açúcar, milho, pastagens e trigo. É indicado para o controle de plantas daninhas como picão-preto, trapoeraba, leiteiro, soja voluntária, guaxuma, algodão voluntário, buva, corda-de-viola, etc. A dose recomendada (com base no produto EnlistDuo® Colex-D) varia de 1-3 L/ha⁻¹ em plantas jovens com até 4 folhas e de 1-6 L/ha⁻¹ para plantas com mais de 4 folhas (AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIO DO PARANÁ, 2019a).

O 2,4-D é uma importante ferramenta utilizado no controle de diversas plantas latifoliadas tolerantes e resistentes ao glifosato na cultura da soja, entre elas estão a *Richardia brasiliensis*, *Commelina benghalensis*, *Ipomoea nil* e *Conyza* spp.; A porcentagem de controle dessas plantas pelo 2,4-D é relativamente alta, até mesmo em baixas doses. Esse herbicida age de forma sinérgica com o glifosato, promovendo o controle das plantas problemáticas (resistentes e tolerantes), gerando uma mistura completa no momento da aplicação, controlando quase todas as plantas do complexo de plantas daninhas da soja, possibilitando ao agricultor uma semeadura a limpo (OSIPE *et al.*, 2017).

Quanto ao seu comportamento no solo, o 2,4-D é um herbicida de meia-vida curta e pouco móvel no solo, tanto que é improvável que ele atinga o lençol freático, já que sua lixiviação pode chegar a 30 cm em solos argilosos e 60 cm em solos arenosos com baixo teor da matéria orgânica (INICIATIVA 2,4-D, 2019). Voos e Groffman (1997) ainda reforçam que em 20 dias em um experimento previsto para 80, o 2,4-D já havia sido dissipado em diversas estruturas bióticas sob o solo expostas ao ambiente, e ainda, não havendo a presença do herbicida nas camadas subsuperficiais de 5-25 cm e 25-50 cm.

Diversos fatores influenciaram na persistência de 2,4-D . A volatilização tem pouca influência pois depende da sua formulação. O solo que é o principal fator determinante da persistência do 2,4-D, por meio principalmente da lixiviação (WALTERS, 2011). O herbicida também fica sujeito a processos de degradação (degradação química, fotodecomposição e degradação microbiana). A autora ainda ressalta que a degradação microbiana é considerada a principal rota de quebra da molécula. Cessna *et al.* (2017) demonstrou de forma clara a influência dos microrganismos na degradação biológica desse herbicida, pois o aumento da temperatura torna a molécula menos disponível pela ativação do processo de

degradação biológica. Isso se dá em razão do 2,4-D ser uma fonte mais acessível de carbono para os microrganismos, e, além da temperatura, a umidade presente no solo também representa um fator determinante na mineralização, apresentando uma interação crescente (ROCHA, 2003).

O 2,4-D além da decomposição microbiana, apresenta interações significativas com os atributos do solo, sendo que há uma diferença de decomposição de acordo com os atributos presentes. Rocha (2003) constatou diferenças significativas na decomposição do herbicida em solos com mesma atividade microbiana, solos de caráter Latossolo Amarelo Distrófico (mais arenoso) apresentaram uma maior decomposição, seguido de Latossolo Amarelo Ácrico e Latossolo Vermelho Ácrico. Evidenciando uma maior mineralização do 2,4-D em solos mais arenosos.

3.3.1.2 Características do herbicida florpyrauxifen-benzyl

O florpypauxifen-benzyl é uma nova molécula de herbicida desenvolvida para ser mais uma alternativa/ferramenta para o controle das plantas daninhas. É um herbicida mimetizador de auxina do grupo químico arilpicolinato, tendo sua formulação como concentrado emulsionável (EC) (AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIO DO PARANÁ, 2019b).

Seu primeiro pré-registros foi realizado em 2017/2018 como um herbicida pós-emergente de plantas daninhas na cultura do arroz em pré e pós-emergência da cultura. Foi lançado como uma alternativa para o controle de plantas daninhas problemas como as do gênero *Cyperus* spp., *Sesbania* spp. e *Echinochloa* spp. onde que apresentando controle satisfatório, superiores a 90% quando aplicado isoladamente, podendo chegar a 99% de controle quando aplicado em misturas, muito superior a outros mimetizadores de auxina como o 2,4-D (EPP *et al.*, 2016; MILLER; NORSWORTHY; SCOTT, 2018).

Atualmente o florpypauxifen-benzyl possui recomendação apenas para a cultura do arroz, mas vem se demonstrando mais uma alternativa viável para o controle de plantas daninhas problemas para a cultura da soja e milho. Entretanto ainda é necessário estudos na área para posteriores confirmações, pois há carência de conhecimentos sobre a molécula por ser um herbicida novo, mas que pode se

tornar importante ferramenta para o controle de plantas daninhas resistentes e manutenção da viabilidade do sistema de plantio direto para o Brasil.

3.3.1.3 Características do herbicida diclosulam+halauxifen-methyl

Essa mistura de herbicidas envolve um herbicida muito utilizado que é o diclosulam, aplicado na pré-emergência de plantas daninhas e pré-emergência na soja do grupo dos inibidores da acetolactato sintase (ALS) usado no controle de poáceas e dicotiledôneas (AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIO DO PARANÁ, 2020).

O herbicida halauxifen-methyl é uma nova molécula que vem sendo estudada nesses últimos anos, ele é um herbicida mimetizador de auxina do grupo químico arilpicolinato, é uma molécula de rápida degradação no solo, ele é absorvido e translocado tanto pelo floema como pelo xilema, sendo cumulativo nos meristemas. Os sintomas de intoxicação são semelhantes aos provocados por 2,4-D, onde é possível observar epinastia, deformação, necrose e morte da planta (EPP *et al.*, 2016; EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2014).

A mistura de halauxifen-methyl com diclosulan busca um controle completo das plantas daninhas, durante todo o período crítico de prevenção à interferência (PCPI), pois o primeiro é um herbicida sistêmico que impacta negativamente no desenvolvimento vegetativo das plantas daninhas (pós-emergência), enquanto o segundo inibe a germinação das plantas infestantes (pré-emergência)

Estudos com essa associação de herbicidas (diclosulam+halauxifen-methyl) vem sendo efetuados recentemente no Brasil visando controle de plantas daninhas problemáticas, como é o caso da buva com resultados excelentes, obtendo-se níveis de controle de até 80% no estágio V1 e de até 98% em V3 da planta daninha infestante (KRENCHINSKI *et al.*, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado a campo, na Área Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco (26°07'S e 52°41'W), clima intermediário Cfa, no período compreendido entre 07 de outubro de 2019 a 28 de março de 2020. O experimento foi implantado em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS, 2018), com suas características descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo vermelho Distroférico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020

Distribuição granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	Valor/U. Medida
Argila	80,00	MO ^{*1}	57,63 g dm ⁻³
Silte	18,70	P ₂ O ₅ ^{*2}	11,85 mg dm ⁻³
Argila	1,30	K ₂ O ^{*3}	0,80 cmol _c dm ⁻³
		CTC ^{*4}	15,90
		pH ^{*5}	5,40
		H ⁺ Al ^{*6}	4,20 cmol _c dm ⁻³

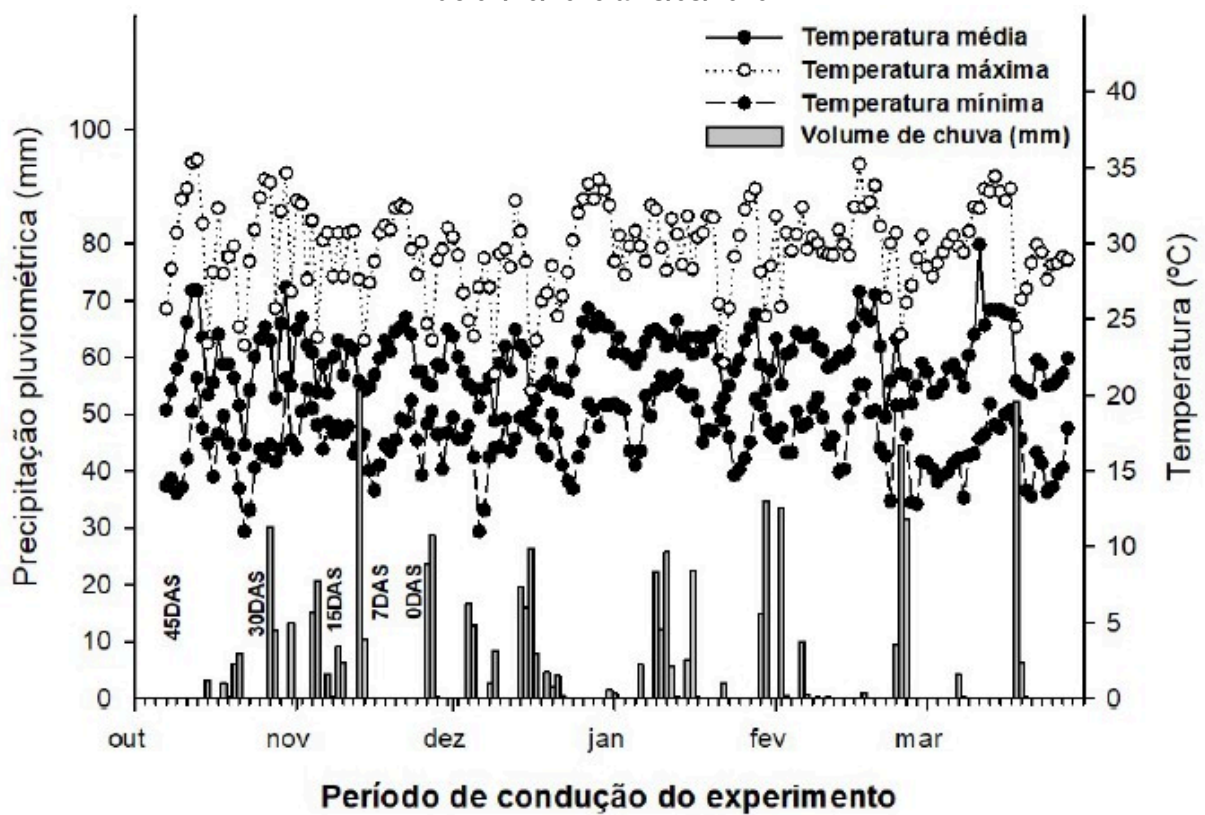
***1 Matéria orgânica; *2 Fósforo; *3 Potássio; *4 Capacidade de trocas catiônicas; *5 pH do solo; *6 Acidez trocável**

Fonte: Autoria Própria (2021)

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdividas, com três repetições. Nas parcelas principais foram alocados cinco intervalo de tempo entre a aplicação dos herbicidas 2,4-D sal colina, diclosulam+halauxifen-methyl e florpyrauxifen-benzyl no solo [(45, 30, 15, 7 e 0 dias anteriores à semeadura (DAS)] sendo a primeira aplicação no dia 07/10/2019 e a última aplicação no dia 21/11/2019. Nas subparcelas, foram dispostos os herbicidas Enlist Colex-D (2,4-D sal de colina) 1368 g ha⁻¹ de ingrediente ativo, Rinskor (Florpyrauxifen-benzyl) 10 g ha⁻¹ de ingrediente ativo e Paxeo (Diclosulam 58 g + Halauxifen-methyl 5,06 g por 100 g) 40 g ha⁻¹ de produto comercial. E uma testemunha sem aplicação de herbicida. Esses tratamentos foram utilizados em duas cultivares de soja: a primeira com tecnologia RR (BMX Elite RR) e a segunda com tecnologia Enlist (E3). Nas parcelas com ausência dos herbicidas foi realizado o

controle químico como glifosato, paraquat e capina manual. As parcelas apresentam medidas de 4 x 5,4 m e as subparcelas 4 m de comprimento x 2,25 m de largura. As unidades experimentais foram compostas de 4 linhas de soja espaçadas entre si em 0,50 m, sendo que a área útil foi composta pelas duas linhas interiores da parcela, descartando-se como bordadura 1 m linear em cada extremidade. As condições climáticas durante o experimento estão representadas na Figura 1.

Figura 1 – Precipitação pluvial diária, temperatura média, máxima e mínima do ar, no período de 07/10/2019 à 28/03/2020



Fonte: Precipitação pluvial, (Área Experimental Universidade Tecnológica Federal do Paraná);
 Temperaturas mínimas e máximas (Estação meteorológica SIMEPAR – Pato Branco).
 Fonte: Aatoria Própria (2021)

As duas cultivares de soja foram implantadas em apenas um período, no mesmo dia da última época de aplicação dos herbicidas, no dia 21/11/2019. O experimento foi implantado com uma semeadora-adubadora mecanizada. A densidade de semeadura foi de 13 sementes por metro linear e a profundidade de 3 cm, adubação de 250 kg/ha de formulado NPK 2-18-18. Os herbicidas 2,4-D sal colina, floryprauxifen-benzyl e diclosulam+halauxifen-methyl foram aplicados sobre o

solo na modalidade de pré-emergência, com pulverizador costal pressurizado a CO₂, mantido a pressão constante de 330kPa, a uma velocidade de aplicação de 3,6 km h⁻¹, com bicos do tipo leque 110.02, distanciados entre si de 0,5 m em barra com 1,5 m de largura, com vazão de 200 L ha⁻¹.

As seguintes determinações foram realizadas durante a condução do experimento: (a) percentual de mortalidade de plantas de soja em relação a testemunha sem herbicida, aos 14 e 22 dias após a semeadura (DAS); (b) altura de planta aos 22 DAS e no florescimento (R1); (c) toxicidade às plantas de soja aos 22DAS e em R1 por meio da escala proposta por Frans *et al.* (1986) com modificações, atribuindo-se notas de 0 a 100% para os sintomas visuais de fitotoxicidade em cada parcela, em que 0% representou a morte da planta e 100% (testemunha sem aplicação) corresponde a ausência de danos perceptíveis ou tolerância completa, sendo realizada nos mesmos estádios de determinação da altura de planta.

Na maturação fisiológica, determinou-se o estande de plantas na área útil, altura de planta, altura da inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, peso de mil grãos e número de grãos por vagem, em dez plantas selecionadas aleatoriamente na área útil de cada parcela. Para determinação do estande foi realizada a contagem do número de plantas em 3 m de comprimento de área útil, em duas linhas centrais de cada parcela. A altura de planta foi determinada em 10 plantas escolhidas aleatoriamente demarcadas na área útil de cada parcela, medindo-se a distância entre o colo da planta e a última folha. O rendimento de grãos foi obtido após a trilha e pesagem dos grãos em toda a área útil, realizando as correções para a umidade de 13%.

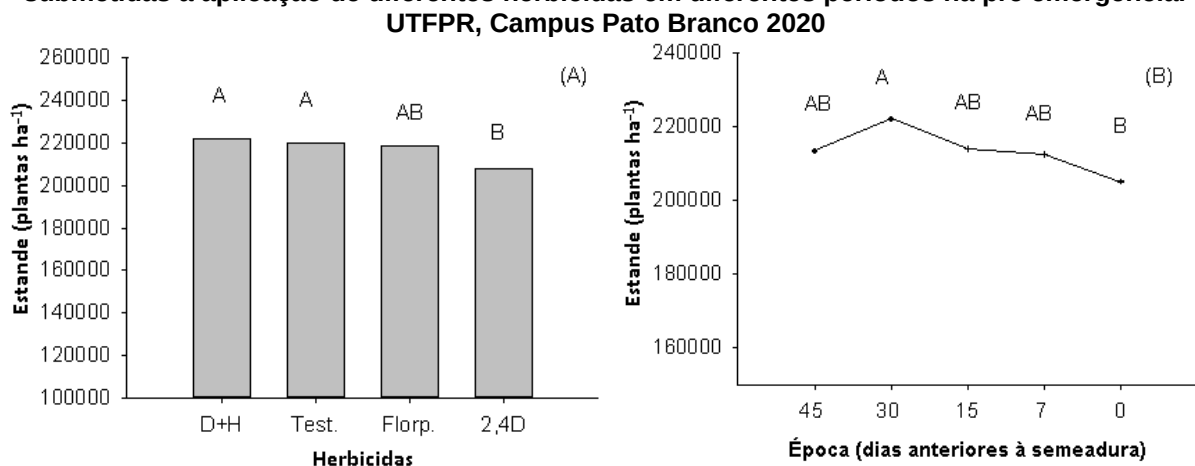
Todas as análises foram realizadas através do software estatístico R (RSTUDIO TEAM, 2020). Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F (p<5%) com o auxílio do pacote ExpDes.pt (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2014) e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os gráficos foram confeccionados com o auxílio do software SigmaPlot 12.2 (SYSTAT SOFTWARE, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Avaliações morfológicas

Para a cultivar RR, na primeira avaliação, foi identificado aos 14 dias uma redução do estande, onde foi possível observar que o herbicida 2,4-D diferiu dos demais causando um maior impacto na contagem de plantas germinadas, (Figura 2). Houve também efeito das épocas de aplicação, quanto menor o intervalo entre a aplicação e a semeadura, menor era o número de plantas emergidas, concluindo com isso que o período de aplicação impactou negativamente no número de plantas emergidas, diferindo para o estande aos 14 dias após semeadura (DAS). Mais especificamente, é possível dizer que a aplicação no mesmo dia da semeadura da soja foi a mais impactada em relação ao demais intervalos. Esses resultados corroboram os obtidos por Tarsicio *et al.* (2000) e Valente *et al.* (2000), que investigaram os efeitos sobre a germinação de soja nas aplicações em pré-semeadura da cultura com o herbicida 2,4-D, identificando que até um período de 8 dias antes da semeadura, existem efeitos fitotóxicos e diminuição do estande de plantas.

Figura 2 – Estande de plantas de soja aos 14 dias após semeadura, em função dos herbicidas aplicados (A) e dos intervalos anteriores à semeadura (B) de plantas de soja cultivar BMX Elite, submetidas a aplicação de diferentes herbicidas em diferentes períodos na pré emergência.



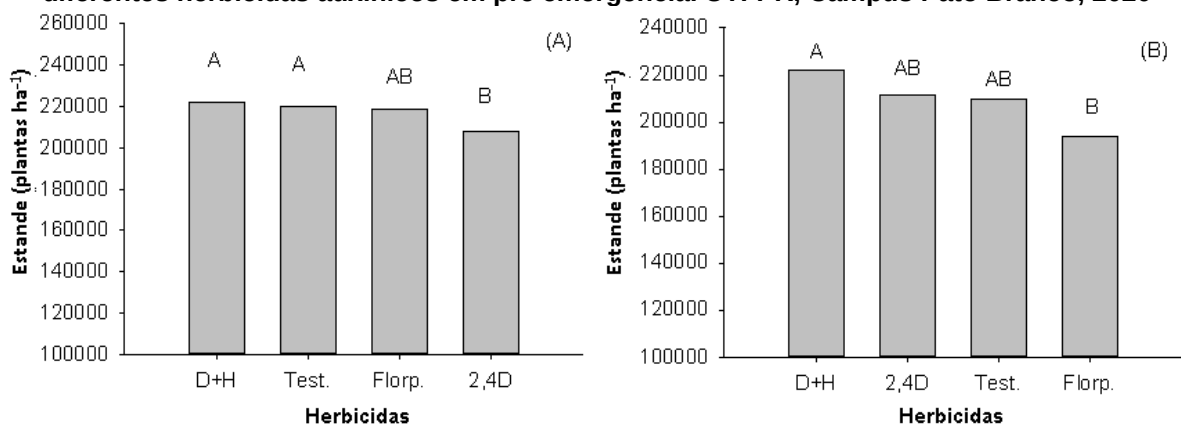
*Barras ou pontos seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

D+H (Diclosulam+halauxifen-methyl); Florp. (Florpyrauxifen-benzyl); Test. (Testemunha).

Fonte: Autoria Própria (2021)

Aos 22 dias após a semeadura ocorreu redução no estande de plantas para as cultivares BMX Elite RR e Enlist (Figura 3). Para a cultivar RR o herbicida 2,4-D impactou negativamente o estande de plantas. Para a cultivar Enlist foi observado uma redução de 8% do estande para o herbicida florpyrauxifen-benzyl. Miller *et al.* (2018) também identificaram diminuição do estande de plantas para o herbicida em aplicações de até 28 dias antes da semeadura em doses de 30g i.a. ha⁻¹, superiores à do presente experimento. Dessa forma, reafirmando a susceptibilidade da tecnologia Enlist a outros mimetizadores de auxina, e, a inatividade de diclosulam+halauxifen-methyl sobre o estande da soja, tanto RR quanto Enlist. Tais resultados estão de acordo com Gazola *et al.* (2016), que constataram que o herbicida diclosulam não apresenta impactos sobre o estande de plantas de cultivares RR, porém houve fitotoxicidade em análises posteriores.

Figura 3 – Estande de plantas de soja aos 22 dias após a semeadura, em função dos herbicidas aplicados para a cultivar BMX Elite RR (A) e Enlist (B) submetidos a aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020



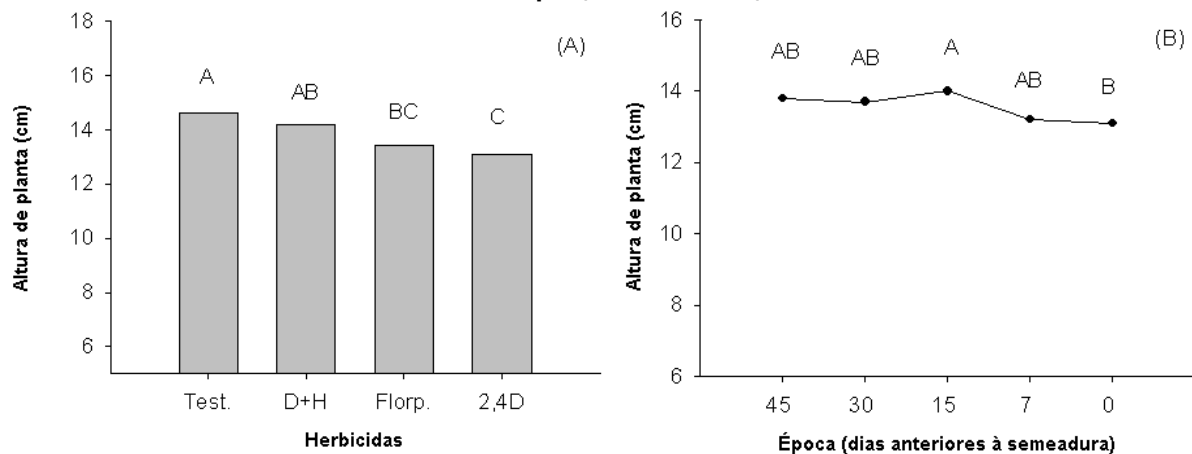
*Barras seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).
 D+H (Diclosulam+halauxifen-methyl); Florp. (Florpyrauxifen-benzyl); Test. (Testemunha).
 Fonte: Autoria Própria (2021)

Para a cultivar Enlist, aos 22 DAS, tanto o herbicida quanto a época de semeadura impactaram a altura de plantas como demonstra a Figura 4. Houve diminuição da altura de planta nas aplicações de 2,4-D e florpyrauxifen-benzyl em relação a testemunha. As plantas onde foi aplicado 2,4-D apresentaram menor desenvolvimento em relação aos demais tratamentos. Efeitos negativos causado por herbicidas já foram observados em outras cultivares geneticamente modificadas,

como a toxidez para as cultivares RR, pois mesmo que a planta seja resistente ao herbicida, ela necessita que rotas metabólicas sejam alteradas para a metabolização, síntese de proteínas “protetivas” e exsudação do produto tóxico (FOLONI *et al.*, 2005).

Para o efeito de época, observou-se que quanto menor foi o intervalo entre a aplicação e a semeadura, houve uma tendência à diminuição do tamanho de planta, com ênfase na aplicação no mesmo dia da semeadura (Figura 4B).

Figura 4 – Altura de plantas de soja aos 22 dias após semeadura, em função dos herbicidas aplicados (A) e dos intervalos anteriores à semeadura (B) de plantas de soja, cultivar Enlist, submetidas a aplicação de diferentes herbicidas em diferentes períodos na pré-emergência. UTFPR Campus, Pato Branco, 2020



*Barras ou pontos seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

D+H (Diclosulam+halauxifen-methyl); Florp. (Florpyrauxifen-benzyl); Test. (Testemunha).

Fonte: Autoria Própria (2021)

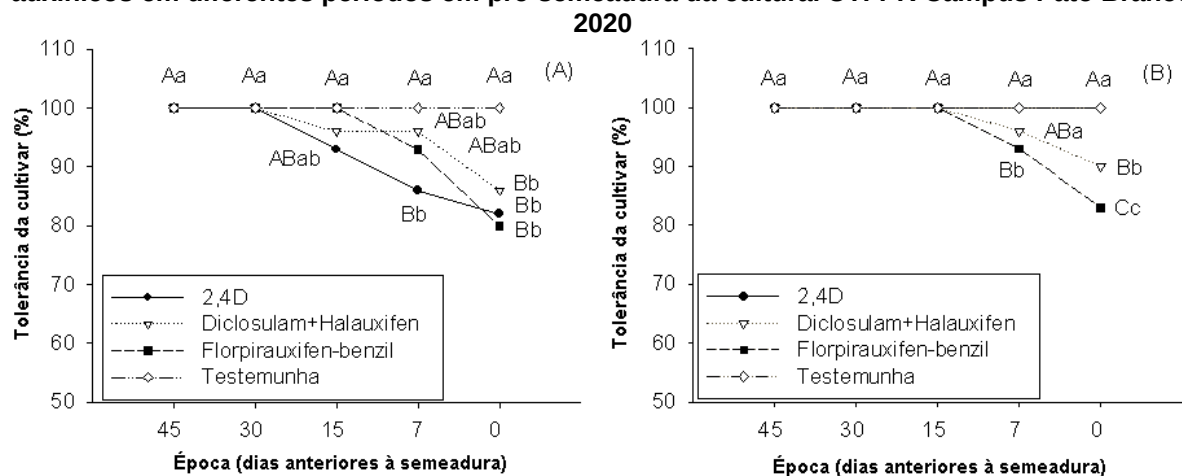
Na avaliação aos 22 dias após a semeadura, foi possível observar que tanto a cultivar RR quanto a Enlist sofreram efeitos fitotóxicos dos herbicidas auxínicos aplicados na pré-emergência (Figura 5). A cultivar RR (Figura 5A) foi mais impactada, pois ocorreram maiores níveis de fitotoxidez no período de aplicação de 15DAS, especialmente para os herbicidas diclosulam+halauxifen-methyl e 2,4-D, com 96 e 93% de tolerância. No período de 7DAS e 0DAS os sintomas de fitotoxidez de diclosulam+halauxifen-methyl e 2,4-D se intensificaram passando a apresentar uma tolerância de apenas 86% e 82% respectivamente, e para o herbicida florpyrauxifen-benzyl surgiram sintomas a partir do intervalo de 7DAS. O mesmo foi observado por *Silva et al.* (2011), que constataram a presença de fitotoxidez em soja

RR, causado pelo herbicida 2,4D com diferenças até o período de aplicação de 15 dias anteriormente ao plantio para solos argiloso, sendo que a maior fitotoxicidade foi constatada quando a semeadura ocorreu no mesmo dia da aplicação.

Para a cultivar Enlist (Figura 5B), os sintomas de fitotoxidez surgiram a partir do período de 7 DAS, onde os herbicidas diclosulam+halauxifen-methyl e florpyrauxifen-benzyl foram os responsáveis pelos efeitos. Para a cultivar Enlist o herbicida 2,4-D não apresentou sinais visíveis de fitotoxidez, o que era esperado, considerando-se que esta cultivar é tolerante a esse herbicida.

O herbicida 2,4-D é um ácido e tem persistência curta no solo (<15dias), entretanto outros fatores podem ser levados em consideração quando analisamos a persistência do herbicida no solo. A chuva é um fator determinante no potencial de fitotoxidez, em que por meio da atividade da água, processos como a degradação microbiana e hidrólise são intensificados; entretanto as chances do 2,4-D lixiviar são baixas, pois ele adsorve com facilidade em matéria orgânica e nos coloides do solo, dificultando assim a lixiviação do mesmo. Fatores como esses reafirmam a importância do 2,4-D para o sistema de plantio direto brasileiro, sendo ele uma ferramenta indispensável no manejo de plantas daninhas (AMARANTE JUNIOR *et al.*, 2002; FAGUNDES, 2018; VIEIRA *et al.*, 1999).

Figura 5 – Tolerância de cultivares de soja aos 22 dias após semeadura, em função dos herbicidas aplicados e dos intervalos anteriores à semeadura de plantas de soja, para os cultivares BMX Elite RR (A) e Enlist (B) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em diferentes períodos em pré-semeadura da cultura. UTFPR Campus Pato Branco 2020



*Pontos seguidos de mesma letra maiúscula não diferem para os tratamentos de herbicida e seguidos de letra minúscula não diferem para os tratamentos de época, pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).

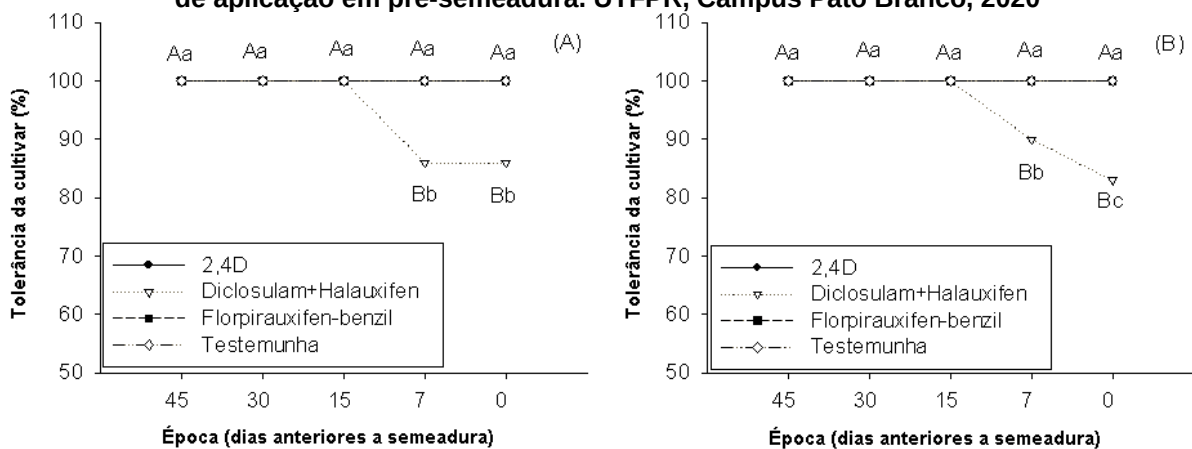
Fonte: Autoria Própria (2021)

Na avaliação de tolerância das cultivares no período de floração (R1) (Figura 6), foi possível identificar efeitos de fitotoxidez para o herbicida diclosulam+halauxifen-methyl nas cultivares RR e Enlist. Essa fitotoxidez se limitou à semeadura no mesmo dia da aplicação do herbicida e no intervalo de 7DAS para ambas as cultivares (Figura 6). Os outros herbicidas não demonstraram efeitos fitotóxicos nesse período.

A fitotoxidez por herbicidas na soja causa impactos, podendo alterar o estande de plantas, porte de planta, capacidade fotossintética de acumulo de reservas que serão fundamentais no momento de determinar produtividade, capacidade reprodutiva da planta e outros processos significativos da planta. Apesar disso, a planta também apresenta uma capacidade de desintoxicação do produto químico, defendendo-se através de mecanismos metabólicos que convertem esses elementos tóxicos em não tóxicos, recuperação de estruturas afetadas e poder compensatório dos fatores prejudicados (MADALOSSO *et al.*, 2014).

Esse poder compensatório e de recuperação pode ser observado com clareza no presente experimento (Figuras 5 e 6), pois os efeitos fitotóxicos visuais dos herbicidas 2,4-D e florpyrauxifen-benzil foram praticamente anulados em todos os intervalos de aplicação (Figura 6). Entretanto para a associação de herbicidas diclosulam+halauxifen-methyl, a fitointoxicação persistiram até a floração da soja.

Figura 6 – Tolerância de cultivares de soja em R1 em função dos herbicidas aplicados e dos intervalos anteriores à semeadura de plantas de soja, para as cultivares BMX Elite RR (A) e Enlist (B) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em diferentes intervalos de aplicação em pré-semeadura. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020

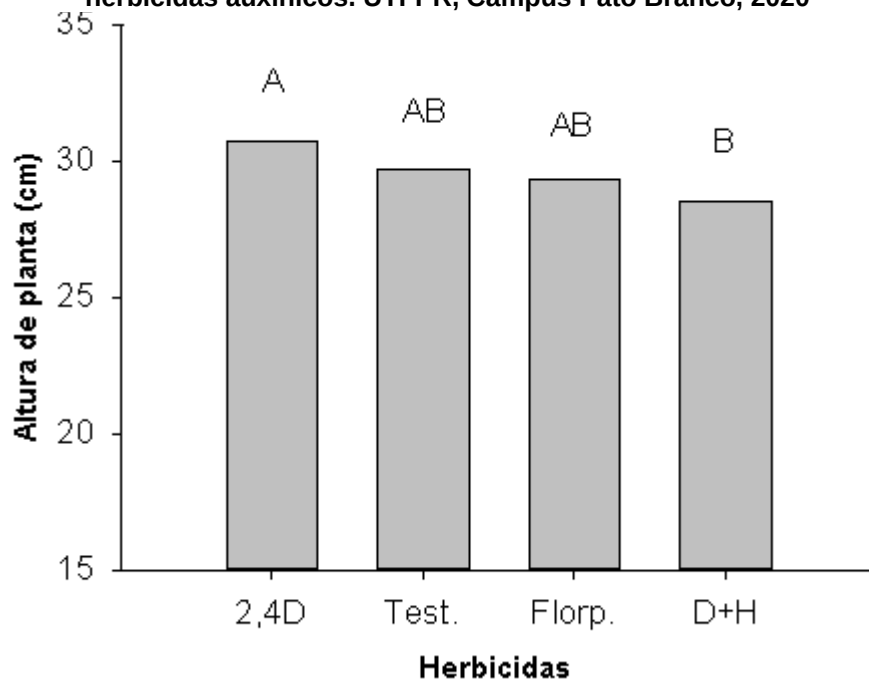


*Pontos seguidos de mesma letra maiúscula não diferem para os tratamentos de herbicida e seguidos de letra minúscula não diferem para os tratamentos de época, pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).

Fonte: Autoria Própria (2021)

Durante o período de florescimento (R1), foi identificado que para a cultivar Enlist houve diminuição do porte da planta para alguns herbicidas, e acréscimo para outro herbicida. O herbicida diclosulam+halauxifen-methyl promoveu diminuição significativa no porte das plantas, enquanto o 2,4-D (Figura 7) promoveu leve acréscimo em relação a testemunha.

Figura 7 – Altura de plantas de soja em estadio R1 da cultivar Enlist submetidas a diferentes herbicidas auxínicos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2020



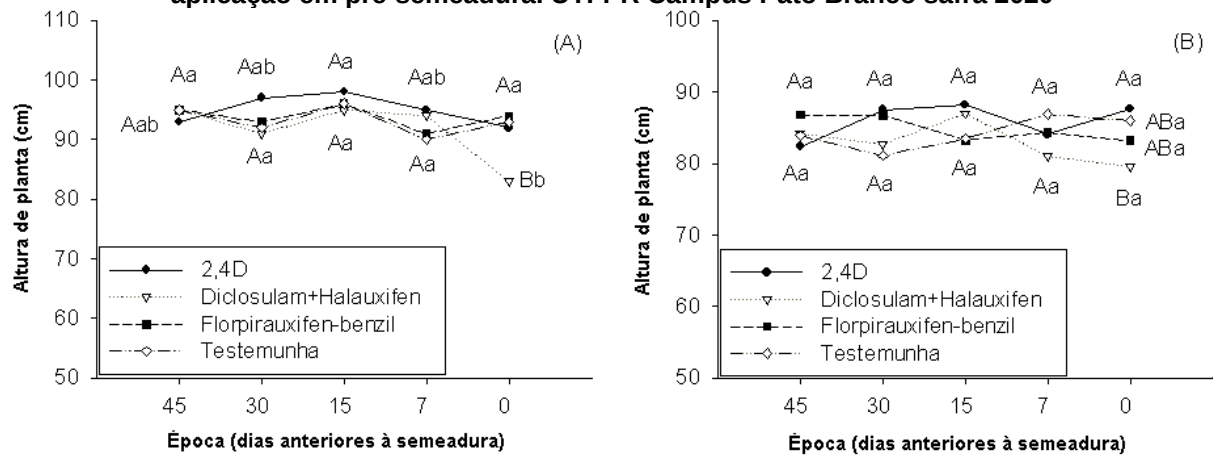
*Barras seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).
 D+H (Diclosulam+halauxifen-methyl); Florp. (Florpyrauxifen-benzyl); Test. (Testemunha).
 Fonte: A autoria Própria (2021)

5.2 Caracteres avaliados na colheita

Foi observado em ambas as cultivares uma diminuição da altura de plantas no momento da colheita. Para a cultivar Enlist o herbicida diclosulam+halauxifen-methyl reduziu a altura de planta na aplicação efetuada no mesmo dia da semeadura (Figura 8). Para a cultivar RR, na aplicação efetuada no mesmo dia da semeadura também houve um impacto do herbicida diclosulam+halauxifen-methyl, que gerou menor estatura de planta. Esse trabalho está de acordo com estudo de Gazola *et al.* (2016) e Leite *et al.* (2000), que identificaram a diminuição da altura de

planta com uso do herbicida Diclosulam em aplicações antes da sementeira até um período de 7 dias.

Figura 8 – Altura de plantas de soja em Maturação fisiológica de cultivares de soja BMX Elite (A) e Enlist (B) submetidas a diferentes herbicidas auxínicos e com diferentes intervalos de aplicação em pré-semeadura. UTFPR Campus Pato Branco safra 2020

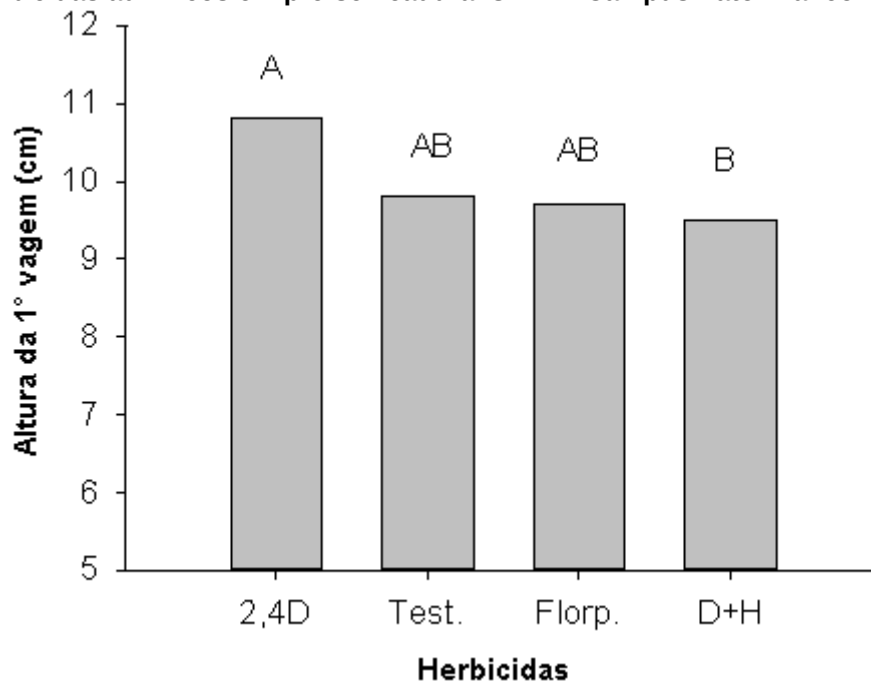


***Pontos seguidos de mesma letra maiúscula não diferem para os tratamentos de herbicida e seguidos de letra minúscula não diferem para os tratamentos de época, pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).**

Fonte: Autoria Própria (2021)

A altura de inserção da primeira vagem, foi impactada na cultivar Enlist pelos diferentes herbicidas em relação à testemunha, podendo-se destacar o acréscimo da inserção da primeira vagem para o herbicida 2,4-D e o decréscimo para os herbicidas florpirauxifen-benzil e diclosulam+halauxifen-methyl (Figura 9). A diminuição dos entrenós resultando em diminuição da estatura da planta, está relacionado com o efeito do herbicida diclosulam, que afeta o desenvolvimento vegetativo de plantas de soja, onde que a “fitointoxicação” causada impede o desenvolvimento vegetativo de forma normal pela planta, variando a intensidade do impacto de acordo com a base genética do material (LEITE; ALMEIDA; PRETE, 2000), e pelo herbicida halauxifen-methyl, demonstrado por Zobiole e Kalsing (2017) possuindo efeito fitotóxico para cultivares de base genética Enlist, mesmo que apresente a resistência aos herbicidas auxínicos, ele não demonstrou seletividade para tal, da mesma forma onde que por outro lado, é uma opção para o controle dessas variedades transgênicas em outros momentos de desenvolvimento da lavoura.

Figura 9 – Altura da 1ª vagem de plantas de soja de cultivar Enlist submetido a diferentes herbicidas auxínicos em pré-semeadura. UTFPR Campus Pato Branco 2020



*Barras seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).
 D+H (Diclosulam+halauxifen-methyl); Florp. (Florpyrauxifen-benzyl); Test. (Testemunha).
 Fonte: Autoria Própria (2021)

As demais variáveis não sofreram efeito (Tabela 6), tanto pela aplicação de diferentes herbicidas, quanto para épocas de aplicação. Isso demonstra o efeito compensatório da soja (VARGAS; ROMAN, 2016), pois as alterações de estande de plantas, altura de plantas, fitotoxidez não afetaram fatores como produtividade, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, estande de plantas ha^{-1} e peso de mil sementes.

Tabela 2 – Variáveis dos componentes de rendimento da cultura da soja para produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV) estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) para as cultivares BMX Elite RR e Enlist em função dos tratamentos de herbicidas. UTFPR Campus Pato Branco 2020

(Continua)

Tratamento	Cultivares									
	BMX Elite RR					Enlist				
	PROD	NVAG	NGRV	ESTUT	PMS	PROD	NVAG	NGRV	ESTUT	PMS
2,4D	4604,5 _{NS}	66,6 ^{NS}	2,3 ^{NS}	160444,1 ^{NS}	171,7 _{NS}	4456,9 ^{NS}	77,2 ^{NS}	2,2 ^{NS}	178502,8 _{NS}	202,6 _{NS}
Diclosulam+ halauxifen- methyl	4773,3	57,4	2,3	170514,7	167,3	4309,3	74,8	2,2	184736,2	193,3

Tabela 3– Variáveis dos componentes de rendimento da cultura da soja para produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV) estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) para as cultivares BMX Elite RR e Enlist em função dos tratamentos de herbicidas. UTFPR Campus Pato Branco 2020 (Conclusão)

Tratamento	Cultivares									
	BMX Elite RR					Enlist				
	PROD	NVAG	NGRV	ESTUT	PMS	PROD	NVAG	NGRV	ESTUT	PMS
Florpyrauxif en-benzyl	4823,0	63,3	2,3	166257,3	166,4	4360,6	77,6	2,2	171602,4	195,7
Testemunha	4767,1	63,6	2,3	162000,0	169,9	4415,1	74,6	2,2	184222,1	192,0

*Produtividade expressa em kg ha⁻¹; estande em plantas ha⁻¹; pms em gramas.

*NS não diferem pelo teste de Tukey (p<5%).

Fonte: Aatoria Própria (2021)

Os herbicidas em um contexto geral são moléculas altamente impactadas por questões ambientais como precipitação, temperatura, radiação solar, e no caso dos mimetizadores de auxina muito influenciados pela matéria orgânica. Sua persistência no solo depende da magnitude desses fatores, o que pode impactar mais ou menos na degradação da molécula. Isso faz com que haja variações no período residual dos herbicidas no solo e no seu impacto sobre o sistema produtivo. É necessário, no entanto, efetuar pesquisas para estimar intervalos entre aplicação de herbicidas e a introdução da espécie cultivada que sejam relativamente seguros para recomendações aos técnicos e agricultores (VIDAL; MEROTTO JUNIOR, 2001).

A baixa atividade do 2,4-D no presente estudo está de acordo com o baixo potencial fitotóxico para as plantas nas aplicações em pré-emergência. Esse herbicida apresenta baixa adsorção e alta degradação quando em presença com matéria orgânica (AMARANTE JUNIOR *et al.*, 2002). Com isso, os efeitos ambientais de temperatura e pluviosidade resultaram em pequenas diferenças ou nenhuma entre os tratamentos.

Também se observou pequenos efeitos de fitotoxicidade sobre algumas das variáveis estudadas nos tratamentos com o herbicida florpyrauxifen-benzyl. Este, de forma geral, comporta-se de forma semelhante ao 2,4-D e a outros herbicidas auxínicos.

A associação diclosulam+halauxifen-methyl é a mistura de um herbicida inibidor de ALS com um mimetizador de auxina, que faz com que o efeito seja

resultante de ambos. Halauxifen-methyl é um herbicida mimetizador de auxina que será introduzido no mercado para o controle de plantas de soja Enlist voluntárias. É um herbicida que apresenta seletividade para cereais de inverno como a cevada e possui baixo residual no solo. Foram realizados estudos que demonstraram que halauxifen-methyl é eficiente no controle de plantas daninhas de alta importância como a *Conyza* spp. (KRENCHINSKI *et al.*, 2019) e plantas voluntárias de soja Enlist (ZOBIOLE; KALSING, 2017). O herbicida diclosulan que está presente nessa mistura é um inibidor de ALS com efeito residual no solo, que já está a muito tempo no mercado. Assim como os mimetizadores de auxina, o efeito dos inibidores da ALS é influenciado pelo pH e pela matéria orgânica do solo. Ressalta-se também o índice pluviométrico, temperatura e radiação solar como fatores que influenciam a degradação dessa molécula (VIDAL; MEROTTO JUNIOR, 2001).

Fator relevante também quando analisado o efeito residual do herbicida do solo, é considerar o pKa da molécula herbicida e o pH do solo e interpretar a influência desses parâmetros sobre o seu período de persistência do herbicida. Esses fatores estão intrinsecamente ligados, pois o pH do solo acima do pKa do herbicida favorece a degradação da molécula por micro-organismos e hidrólise, em que a adsorção do componente faz com que ele fique ligado aos colóides do solo, ficando dessa forma indisponível ao ataque dos microrganismos (CANTWELL; LIEBL; SLIFE, 1989).

O estudo demonstrou diferenças na persistência desses herbicidas, com influência na tolerância das cultivares utilizadas. Na fase vegetativa, os três herbicidas resultaram em fitotoxidez para as cultivares avaliadas. Porém, apenas para a associação diclosulam+halauxifen-methyl afetaram a fase reprodutiva das plantas. Os sinais da fitointoxicação dos herbicidas 2,4-D e florpyrauxifen-benzyl foram neutralizados até o período de floração, não havendo mais interferência do mesmo para as plantas. Entretanto para o herbicida diclosulam+halauxifen-methyl foi possível perceber a persistência dos efeitos até a floração. Os efeitos incluem a fitotoxidez visual, estande de plantas, altura de planta e os componentes de rendimento.

No presente estudo foi possível constatar o efeito dos herbicidas sobre o estande e altura de plantas, porém os componentes de rendimento e rendimento não sofreram alteração, sendo assim, o impacto causado pelos herbicidas foi

significativo, entretanto para a situação estudada, não houve impacto suficiente para alterar significativamente a produtividade das cultivares de soja avaliadas.

6 CONCLUSÕES

No presente estudo foi possível observar que o período de persistência de herbicidas auxínicos (e do herbicida inibidor da ALS) é curto, variando de 15 a 7 dias de persistência causando impacto nos estádios vegetativos da cultura.

Em geral a associação entre diclosulam+halauxifen-methyl foi o que causou maior fitotoxidez às plantas de soja, nas aplicações no intervalo de 15 dias entre aplicação e semeadura e na ausência de intervalo. Efeitos de fitotoxidez ocorreram aos 22 dias após a semeadura e em estágio R1 em ambas as cultivares. Além disso, na maturação fisiológica essa associação de herbicidas também resultou em menor estatura de planta.

O herbicida 2,4-D impactou significativamente no estande e desenvolvimento inicial da cultivar RR.

O herbicida florpyrauxifen-benzyl mostrou-se um herbicida de persistência baixa no presente estudo, pois promoveu alterações significativas apenas até um intervalo de 7 dias e na ausência de intervalo entre aplicação e a semeadura de ambas as cultivares de soja.

Ambas as cultivares, mesmo com alterações significativas em seus caracteres vegetativos, não apresentaram diferenças em seus componentes de rendimento. Assim, conclui-se que, nas condições do experimento as cultivares de soja BMX Elite RR e Enlist conseguiram compensar o impacto causado pelos herbicidas, independente da época de aplicação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia Enlist da cultivar em estudo não conferiu resistência para o floryrauxifen-benzyl e diclosulam+halauxifen-methyl aplicado em pré-emergência.

A tecnologia RR para a cultivar BMX Elitre RR foi significativamente impactada por todos os herbicidas auxínicos.

Para o herbicida 2,4-D o período de segurança de aplicação em pré-emergência considerando as condições climáticas desse estudo é de >15 dias entre aplicação e semeadura para cultivares RR e sem restrições para cultivares Enlist (visto que a aplicação pode ocorrer em pós-emergência).

Para o herbicida floryrauxifen-benzyl o período de segurança de aplicação em pré-emergência, considerando as condições climáticas desse estudo é de >7 dias entre a aplicação e a semeadura para ambas as cultivares.

Para o herbicida diclosulam+halauxifen-methyl o período de segurança de aplicação em pré-emergência da cultura é menor que 15 dias entre a aplicação e a semeadura para ambas as cultivares.

Mesmo apresentando impactos negativos pelos herbicidas, ambas as cultivares não diferiram significativamente em relação ao rendimento e componentes de rendimento, reflexo de um ótimo clima no ano safra que foi realizado o experimento, compensando/recuperando com eficiência os efeitos fitotóxicos causado pelos tratamentos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIO DO PARANÁ. **Bula EnlistDuo Colex-D**. 2019a. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/enlistduocolexd.pdf>. Acesso em: 5 set. 2021.
- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIO DO PARANÁ. **Bula Loyant**. 2019b. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/loyant.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.
- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIO DO PARANÁ. **Spider 840 WG**. 2020. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-11/spider_840_wg.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.
- AMARANTE JUNIOR, O. P. de. *et al.* Estudo da adsorção/dessorção de 2,4-D em solos usando técnica cromatográfica. **Eclética Química**, v. 27, n. spe, p. 253–261, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702002000200021>. Acesso em: 8 out. 2021.
- ANDRADE JUNIOR, E. R. de. *et al.* **Alternativas para controle químico e identificação molecular de *Amaranthus palmeri***. 33. ed. [S. l.]: IMAT Instituto Mato-grossense do Algodão, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE SOJA. **A história**. Cuiabá, 2019. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-da-soja>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- BÍBLIA. Salmo 23, versículo 4. **Sagrada Bíblia Católica**. Editora Ave-Maria. 2008. p. 673.
- CANTWELL, J. R.; LIEBL, R. A.; SLIFE, F. W. Biodegradation Characteristics of Imazaquin and Imazethapyr. **Weed Science**, v. 37, n. 6, p. 815–819, nov. 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0043174500072891>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- CECATO, G. C. *et al.* **Atividade residual e carência irregular do ácido diclorofenoxiacético (2,4D) no desenvolvimento inicial da soja**. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR Universidade Paranaense, Umuarama, v. 20, n. 3, p. 167–171, set. 2017.
- CECHINEL, C. A soja além do óleo e do farelo. **Globo rural**, 2019. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Soja/noticia/2014/04/soja-alem-do-oleo-e-do-farelo.html>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- CESSNA, A. J. *et al.* Effect of Temperature on the Dissipation of Seven Herbicides in a Biobed Matrix. **Canadian Journal of Soil Science**, ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjss-2017-0017>. Acesso em: 5 mai. 2021.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020/2021**. Safra 2021/2022. Brasília, DF: [s. n.], 2021. v. 9, (

1). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 1 out. 2021.

CORTEVA. **Enlist**. 2019. Disponível em: <https://www.corteva.com.br/produtos-e-servicos/tecnologias/sistema-enlist.html>. Acesso em: 24 mar. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **História da soja**. Londrina, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 10 set. 2021.

EPP, J. B. *et al.* The discovery of ArylexTM active and RinskorTM active: Two novel auxin herbicides. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 24, n. 3, p. 362–371, fev. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2015.08.011>. Acesso em: 18 set. 2021.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance halauxifen-methyl (XDE-729 methyl). **EFSA Journal**, v. 12, n. 12, dez. 2014. DOI 10.2903/j.efsa.2014.3913. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2903/j.efsa.2014.3913>. Acesso em: 28 jul. 2021.

FAGUNDES, A. dos S. **Interferência da chuva no efeito residual do herbicida 2,4-D em latossolo vermelho do cerrado**. 20 jul. 2018. Disponível em: <http://bdm.ufmt.br/handle/1/912>. Acesso em: 28 jul. 2021.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, v. 05, n. 19, p. 2952–2958, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/am.2014.519280>. Acesso em: 17 jul. 2021.

FOLONI, L. L. *et al.* Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no cerrado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 3, p. 47, 10 dez. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v4i3.36>. Acesso em: 14 abr. 2021.

FRANS, R. *et al.* Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. **Weed science**, n. 3, p. 29–46, 1986.

GAZOLA, T. *et al.* Efeitos do diclosulam na soja cultivada em solos de diferentes classes texturais. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 353, 10 dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i4.483>. Acesso em: 10 jun. 2021.

INICIATIVA 2,4-D. **Perfil técnico 2,4-D**. 2019. Disponível em: https://www.iniciativa24d.com.br/media/upload/Boletim_Tecnico_2,4D.pdf. Acesso em: 8 ago. 2021.

KARAM, D. *et al.* **Manejo químico de buva (*Conyza bonariensis*) pelo uso de herbicidas isolados e em mistura**. jul. 2010. XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas [...]. Ribeirão Preto: [s. n.], jul. 2010.

KRENCHINSKI, F. H. *et al.* Halauxifen-Methyl+Diclosulam: New Option to Control *Conyza* spp. Prior Soybean Sowing. **Planta Daninha**, v. 37, p. e019189000, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100059>. Acesso em: 18 set. 2021.

LAMEG, F. P. *et al.* Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 433–442, 2013. .

LEITE, C. R. F.; ALMEIDA, J. C. V.; PRETE, C. E. C. Sensibilidade de cultivares de soja (*Glycine max*) aos herbicidas diclosulam e flumetsulam. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 103–122, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582000000100011>. Acesso em: 16 set. 2021.

LEITE, R. D. C. *et al.* Controle químico de *Conyza bonariensis* em dessecação. Agricultura Neotropical. **Cassilândia**. v. 1, n. 2, p. 64–71, dez. 2014. .

LUCIO, F. R. *et al.* Dispersal and Frequency of Glyphosate- Resistant and Glyphosate-Tolerant Weeds in Soybean-producing Edaphoclimatic Microregions in Brazil. **Weed Technology**, out. 2018. .

MADALOSSO, M. *et al.* Contra a fitotoxicidade. 2014. **Grupo Cultivar**. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/contra-a-fitotoxicidade>. Acesso em: 28 jul. 2021.

MILLER, M. R.; NORSWORTHY, J. K.; SCOTT, R. C. Evaluation of Florpyrauxifen-benzyl on Herbicide-Resistant and Herbicide-Susceptible Barnyardgrass Accessions. **Weed Technology**, v. 32, n. 2, p. 126–134, abr. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.100>. Acesso em: 15 set. 2021.

MONQUERO, P. A. Platnas transgênicas resistentes aos herbicidas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 517–531, 2005. .

MOREIRA, M. G. Soja - **Análise da Conjuntura Agropecuária**. SEAB Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - DERAL Departamento de Economia Rural, 2012.

OLIVEIRA NETO, A. M. *et al.* Estratégias de manejo de inverno e verão visando ao controle de *Conyza bonariensis* e *Bidens pilosa*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. spe, p. 1107–1116, 2010. .

OSIPE, J. B. *et al.* Spectrum of weed control with 2,4D and dicamba herbicides associated to glyphosate or not. **Planta Daninha**, v. 35, n. 0, set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582017350100053>. Acesso em: 5 mai. 2021.

ROCHA, W. S. D. da. **Sorção de 2,4D e Diuron nos agregados organominerais de latossolos em função dos conteúdos de matéria orgânica e de água**. 2003. phdthesis – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2003.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio. Boston: [s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.rstudio.com/>. Acesso em: 25 abr. 2021.

SANTOS, H. G. dos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ª edição revista e ampliada. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018.

SILVA, A. F. M. **Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência da soja DAS44406-6 (Enlist E3)**. 2018. Tese Doutorado – ESALQ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2018.

SILVA, F. M. L. *et al.* Atividade residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 29, 10 abr. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i1.85>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot Version 12.3**. San Jose: [s. n.], 2013. Disponível em: <http://www.sigmaplot.co.uk/>. Acesso em: 2 set. 2021.

TREZZI, M. M. *et al.* Impact of *Conyza bonariensis* density and establishment period on soyabean grain yield, yield components and economic threshold. **Weed Research**, v. 55, n. 1, p. 34–41, fev. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/wre.12125>. Acesso em: 1 jun. 2021.

VALENTE, T. D. O.; RODRIGUES, E. T.; CAVAZZANA, M. A. Efeito de diferentes doses de 2,4-d, aplicado como dessecante em varios intervalos antes da semeadura direta da soja, para manejo em ambiente de cerrados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 185, 10 ago. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v1i2.335>. Acesso em: 26 jun. 2021.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja. 62. ed. Passo Fundo: **EMBRAPA** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JUNIOR, A. **Herbicidologia**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2001.

VIEIRA, E. M. *et al.* O. de O. Estudo da adsorção/dessorção do ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4d) em solo na ausência e presença de matéria orgânica. **Química Nova**, v. 22, n. 3, p. 305–308, jun. 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000300002>. Acesso em: 20 set. 2021.

VOOS, G.; GROFFMAN, P. M. Dissipation of 2,4-D and dicamba in a heterogeneous landscape. **Applied Soil Ecology**, v. 5, n. 2, p. 181–187, maio 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0929-1393\(96\)00135-7](https://doi.org/10.1016/s0929-1393(96)00135-7). Acesso em: 18 jun. 2021.

WALTERS, J. **Environmental Fate of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid**. Sacramento: Department of Pesticide Regulation Sacramento, 2011.

ZOBIOLE, L. H. S.; KALSING, A. Eficácia de misturas formuladas contendo halauxifen-methyl no controle de soja voluntária DAS-444Ø6-6 (Enlist E3TM). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 192, 10 set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i3.548>. Acesso em: 10 ago. 2021.

APÊNDICE A – TABELAS DE ANOVA

TABELAS DE ANOVA

Tabela 4 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis estande de plantas (plantas ha⁻¹) aos 14 (EST14) e aos 22 (EST22) dias após semeadura; tolerância da cultura aos 22 dias após semeadura (TOL22) e no florescimento (TOLR1) da cultivar de soja BMX Elite RR submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura

FV	QM – CULTIVAR RR				
	GL	EST14	EST22	TOL22	TOLR1
Bloco	2	127825182,00	459544874,00	45,56	1,67
Herbicida	3	404551995,00*	629304334,00*	147,26*	106,67*
Época	4	445748458,00*	317956567,00 ^{NS}	335,79*	40,00*
Herbicida*época	12	163331092,00 ^{NS}	242786342,00 ^{NS}	53,92*	40,00*
Residual	38	102644109,00	126632475,00	24,23	3,41
CV%		4,74	5,18	5,14	1,87

* Diferença estatística pelo teste F (P<5%).

^{NS} Não diferem pelo teste de F (P<5%).

Fonte: Aatoria Própria (2021)

Tabela 5 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis altura de planta aos 22 dias após semeadura (ALT22); estande de planta (plantas ha⁻¹) aos 22 dias após semeadura (EST22); tolerância da cultura aos 22 dias após semeadura (TOL22) e no florescimento (TOLR1) da cultivar de soja Enlist submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura

FV	QM – CULTIVAR ENLIST					
	GL	ALT22	EST22	TOL22	TOLR1	ALTR1
Bloco	2	0,69	251424617,00	25,41	1,67	12,13
Herbicida	3	6,53*	2072628082,00*	77,22*	106,67*	12,48*
Época	4	2,33*	505129314,00 ^{NS}	101,67*	44,17*	1,42 ^{NS}
Herbicida*época	12	1,60 ^{NS}	674870195,00 ^{NS}	38,33*	44,17*	3,04 ^{NS}
Residual	38	0,81	721063016,00	7,87	1,67	3,83
CV%		6,5	12,83	2,86	1,31	6,63

* Diferença estatística pelo teste F (P<5%).

^{NS} Não diferem pelo teste de F (P<5%).

Fonte: Aatoria Própria (2021)

Tabela 6 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis altura da primeira vagem (ALT1V); altura em maturação fisiológica (ALTMF); produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV); estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) da cultivar de soja BMX Elite RR submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura

FV	QM – CULTIVAR RR							
	GL	ALT1V	ALTMF	PROD	NVAG	NGRV	ESTUT	PMS
Bloco	2	89,48	92,87	155346,00	393,52	0,10	48197038,00	141,517
Herbicida	3	4,67 ^{NS}	48,12*	136279,00 ^{NS}	222,38 ^{NS}	0,03 ^{NS}	5640371,00 ^{NS}	85,26 ^{NS}
Época	4	7,99 ^{NS}	57,267*	329578,00 ^{NS}	71,26 ^{NS}	0,03 ^{NS}	6194292,00 ^{NS}	155,32 ^{NS}
Herbicida* época	12	4,86 ^{NS}	19,25*	336046,00 ^{NS}	34,96 ^{NS}	0,01 ^{NS}	5260346,00 ^{NS}	63,37 ^{NS}
Residual	38	5,35	7,17	320150,00	88,11	0,03	286700548,00	86,31
CV%		13,58%	2,85	11,93	14,96	8,03	9,42	5,51

* Diferença estatística pelo teste F (p<5%).

^{NS} Não diferem pelo teste de F (p<5%).

Fonte: Autoria Própria (2021)

Tabela 7 – Análise de variação (ANOVA); graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) para as variáveis altura da primeira vagem (ALT1v); altura em maturação fisiológica (ALTMF); produtividade (PROD); número de vagens por planta (NVAG); número de grãos por vagem (NGRV); estande da área útil (ESTUT); peso de mil sementes (PMS) da cultivar de soja Enlist submetida a diferentes intervalos de aplicação de diferentes herbicidas auxínicos em pré emergência da cultura

FV	QM – CULTIVAR ENLIST							
	GL	ALT1V	ALTMF	PROD	NVAG	NGRV	ESTUT	PMS
Bloco	2	5,34	45,39	398542,00	267,47	0,02	1605703608,00	267,27
Herbicida	3	5,51*	24,41*	83681,00 ^{NS}	36,93 ^{NS}	0,10 ^{NS}	30795538,00 ^{NS}	284,58 ^{NS}
Época	4	2,96 ^{NS}	4,10*	381001,00 ^{NS}	105,93 ^{NS}	0,03 ^{NS}	29637325,00 ^{NS}	741,61 ^{NS}
Herbicida *época	12	1,82 ^{NS}	21,85*	125013,00 ^{NS}	89,63 ^{NS}	0,02 ^{NS}	28716944,00 ^{NS}	282,73 ^{NS}
Residual	38	1,22	10,36	154459,00	129,82	0,02	366520598,00	426,72
CV%		11,08	3,81	8,91	14,97	5,64	11,62	10,55

* Diferença estatística pelo teste F (p<5%).

^{NS} Não diferem pelo teste de F (p<5%).

Fonte: Autoria Própria (2021)