

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM/RS
CURSO DE AGRONOMIA**

LUCAS TEDESCO

**RESPOSTAS DA SOJA A APLICAÇÃO DE DOSES DE SAFLUFENACIL EM
ISOLADO OU ASSOCIADAS AO GLYPHOSATE SIMULANDO RESÍDUOS DOS
HERBICIDAS EM TANQUE**

ERECHIM/RS

2025

LUCAS TEDESCO

**RESPOSTAS DA SOJA A APLICAÇÃO DE DOSES DE SAFLUFENACIL EM
ISOLADO OU ASSOCIADAS AO GLYPHOSATE SIMULANDO RESÍDUOS DOS
HERBICIDAS EM TANQUE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim/RS, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM/RS

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Tedesco, Lucas
RESPOSTAS DA SOJA A APLICAÇÃO DE DOSES DE
SAFLUFENACIL EM ISOLADO OU ASSOCIADAS AO GLYPHOSATE
SIMULANDO RESÍDUOS DOS HERBICIDAS EM TANQUE / Lucas
Tedesco. -- 2025.
30 f.

Orientador: D. Sc. Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2025.

1. Glycine max, seletividade da soja, resíduos em
tanque.. I. Galon, Leandro, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

LUCAS TEDESCO

**RESPOSTAS DA SOJA A APLICAÇÃO DE DOSES DE SAFLUFENACIL EM
ISOLADO OU ASSOCIADAS AO GLYPHOSATE SIMULANDO RESÍDUOS DOS
HERBICIDAS EM TANQUE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Agronomia da Universidade
Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus
Erechim/RS, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon - UFFS
Orientador

Profa. Dra. Sandra Maria Maziero - UFFS
Avaliadora

Me. Rodrigo José Tonin - UFFS
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente aos meus pais Ivanor e Angela por todo o apoio, por sempre estar me incentivando e dando exemplos de valores como humildade, persistência, respeito e gratidão que sempre seguirei em minha vida.

A todos os meus familiares, tios, professores, primos, amigos, colegas de faculdade e do grupo de pesquisa Manejo sustentável dos Sistemas Agrícolas (MASSA) que me ajudaram em algum momento, seja com uma palavra de incentivo, um ensinamento, uma ajuda em alguma atividade, pelos momentos de descontração e pelo companheirismo.

Ao meu orientador Leandro Galon por ter aceitado me orientar, por todos os ensinamentos e contribuições repassados durante minha formação acadêmica, pela amizade e por ter contribuído na minha evolução pessoal.

A minha irmã Denise, meu cunhado Bruno, meu padrinho e minha madrinha por sempre estarem dispostos a me ajudar, por terem me incentivado a estudar e evoluir como pessoa.

A Deus por me dar força, saúde, conforto em momentos difíceis e sabedoria ao longo da minha trajetória.

A todos que de alguma forma contribuíram meu sincero agradecimento.

RESUMO

Alguns herbicidas, como o saflufenacil mesmo efetuando-se limpezas, podem deixar resíduos no tanque do pulverizador, ocasionando sintomas de fitotoxicidade à cultura que apresenta sensibilidade ao produto. Diante disso, objetivou-se com o trabalho simular possível injúria provocada por resíduo no tanque do pulverizador de saflufenacil aplicado em isolado ou associado com o glyphosate na cultura da soja. O experimento foi conduzido a campo em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados de forma isolada foram; glyphosate (1440 g ha⁻¹) e doses de saflufenacil (1,09; 2,17; 4,38; 8,75; 17,50; 35,00; 52,50 e 70,00 g ha⁻¹) e em associação aplicou-se o glyphosate + saflufenacil nas respectivas doses usadas em isolado, mais uma testemunha capinada. Avaliou-se a fitotoxicidade aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). As variáveis fisiológicas da soja foram avaliadas aos 21 DAT e na colheita determinou-se os componentes de rendimento de grãos. O incremento das doses de saflufenacil aplicado de modo isolado (acima de 4,38 g ha⁻¹) ou associado com o glyphosate (maior que 2,17 g ha⁻¹) provocou os maiores sintomas de fitotoxicidade. Ao se aplicar as maiores doses de saflufenacil em isolado ou associado com o glyphosate observou-se efeito negativo nas variáveis fisiológicas da soja e nos componentes de rendimento de grãos. A soja consegue tolerar a aplicação de até 2,17 g ha⁻¹ de saflufenacil de modo isolado ou associado com o glyphosate, sem que ocorram perdas expressivas da produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*, seletividade da soja, resíduos em tanque.

ABSTRACT

Some herbicides, like saflufenacil, can persist as residues in sprayer tanks even after cleaning, inducing phytotoxicity symptoms in sensitive crops. This study simulated potential damage from tank residues of saflufenacil, applied alone or in combination with glyphosate, to soybeans. The experiment employed a randomized block design with four replications. Treatments included: glyphosate (1440 g ha⁻¹) alone; eight doses of saflufenacil alone (1.09, 2.17, 4.38, 8.75, 17.50, 35.00, 52.50, and 70.00 g ha⁻¹); glyphosate combined with each of these saflufenacil doses; and a weed-free control. Phytotoxicity was evaluated at 7, 14, 21, 28, and 35 days after treatment (DAT). Soybean physiological parameters were assessed at 21 DAT, and grain yield components were measured at harvest. Increasing saflufenacil doses caused progressively greater phytotoxicity symptoms, both when applied alone (above 4.38 g ha⁻¹) and in combination with glyphosate (above 2.17 g ha⁻¹). The highest saflufenacil doses, whether applied alone or with glyphosate, negatively impacted soybean physiological variables and grain yield components. Soybeans tolerated saflufenacil applications up to 2.17 g ha⁻¹, applied alone or combined with glyphosate, without significant grain yield loss.

Keywords: *Glycine max*; soybean selectivity; tank residues.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
3.1 Fitotoxicidade em soja pela aplicação em isolados ou associados dos herbicidas saflufenacil glyphosate	13
3.2 Efeito na fisiologia das plantas de soja da aplicação em isolado ou em mistura em tanque de saflufenacil e glyphosate	15
3.3 Impacto das aplicações de saflufenacil e glyphosate em isolado ou associados nos componentes de rendimento de grãos da soja.....	16
4 CONCLUSÃO	19
5 REFERÊNCIAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é cultivada em aproximadamente 139 milhões de hectares no mundo, estimando-se produção de 421 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior produtor e responsável por 40% do total produzido (USDA, 2025). A produção brasileira de soja está estimada em 168,3 milhões de toneladas na safra 2024/25, o que equivale a praticamente 50% do total de grãos produzidos no país (CONAB, 2025).

A partir do ano de 2003, com a permissão oficial do cultivo da soja com a tecnologia Roundup Ready® (RR) em áreas comerciais, o controle de plantas daninhas infestantes da cultura ficou relativamente simplificado. Isso ocasionou incremento significativo no cultivo da soja com a tecnologia RR, devido a facilidade de manejo, baixo custo e alta eficiência do herbicida glyphosate (Adegas et al., 2022). Com o advento da soja RR ocorreu consequentemente maior uso do glyphosate nas lavouras, de maneira contínua por vários anos consecutivos, sem rotação de mecanismos de ação e de culturas. Isso, resultou em um aumento na seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes ou tolerantes a esse herbicida, como buvas (*Conyza* spp.), azevém (*Lolium multiflorum*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), carurus (*Amaranthus* spp.), trapoerabas (*Commelinas* sp.), cordas-de-viola (*Ipomeas* spp.), dentre outras espécies (Holken et al., 2022; Heap, 2025).

A resistência de plantas daninhas tornou-se um dos principais desafios relacionados ao manejo dessas espécies, sendo as alternativas existentes para contornar esse problema a utilização de palhada no solo, a recomendação de rotação de culturas, maior uso de herbicidas em pré-emergência, de herbicidas de diferentes mecanismos de ação e a associação do glyphosate com outros produtos, para se obter um melhor controle das plantas daninhas (Liu et al., 2020; Oreja et al., 2022; Lamego et al., 2024).

Diante disso, a aplicação do herbicida saflufenacil é uma importante ferramenta para ser utilizada na dessecação em pré semeadura das culturas de interesse agrícola, especialmente da soja. Sua aplicação tem sido eficiente no controle principalmente de plantas daninhas dicotiledôneas consideradas problemáticas, incluindo aquelas resistentes aos mecanismos de ação inibidores da acetolactato sintase (ALS), inibidores da 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPs) e aos mimetizadores de auxinas (Cavichioli et al., 2021; Parreira et al., 2023). Em plantas daninhas com resistência múltipla a vários mecanismos de ação, como a buva, o saflufenacil tem demonstrado eficiência no controle e também a redução nos índices de rebrote quando usado em mistura com glyphosate (Dalazen et al., 2015; Correia, 2020).

O saflufenacil pertence à família das pirimidinedionas, e atua por contato inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), resultando no acúmulo de protoporfirina IX que interfere na biossíntese de clorofila (Takano et al., 2020; Wu et al., 2023). A absorção

do saflufenacil ocorre por meio das folhas, bem como pelas raízes, com translocação principalmente via xilema (Cavichioli et al., 2021). As plantas que são suscetíveis a esse herbicida exibem lesões típicas especialmente nas folhas mais jovens, como clorose, murcha e necrose dos tecidos devido a peroxidação lipídica e ao rompimento das membranas celulares que levam a morte celular. Esses sintomas comprometem o crescimento culminando muitas vezes na morte da espécie que foi tratada com o produto (Garnica et al., 2022; Araújo et al., 2024).

Alguns herbicidas, como é o caso do saflufenacil tem a característica de deixar resíduos que se ligam na superfície interna do tanque e em outras partes dos equipamentos de pulverização após a sua aplicação, sendo que esse fator tem sido constatado frequentemente como uma fonte de contaminação em futuras pulverizações (Stewart et al., 2009). Em muitas situações os produtores possuem apenas um pulverizador e a descontaminação desse equipamento deve ser realizada de forma adequada, caso contrário, em pulverizações futuras os resíduos presentes no tanque podem causar injúrias e conseqüentemente reduzir a produtividade de culturas suscetíveis (Soltani et al., 2016), nesse caso especialmente a soja.

Desta forma o cuidado na descontaminação do tanque de pulverização é imprescindível, principalmente quando o mesmo equipamento é utilizado em culturas suscetíveis. A aplicação de produtos pós-emergentes seletivos associado a subdoses de herbicidas não seletivos podem causar fitotoxicidade e conseqüentemente reduzir a produtividade das culturas (Alves et al., 2020; Cuvaca et al., 2021). A título de exemplo a contaminação do tanque de pulverização com subdoses maiores que 1,1 g i.a ha⁻¹ do herbicida dicamba aplicados em soja RR durante o estágio vegetativo, ocasionou fitotoxicidade e redução de produtividade da cultura (Soltani et al., 2016).

Tem sido usual a aplicação de saflufenacil na pré-semeadura, tendo em vista que esse herbicida apresenta excelente controle de plantas daninhas dicotiledôneas e tem registro para ser aplicado na dessecação antes do cultivo da soja (MAPA/AGROFIT, 2025). Entretanto, na pós-emergência da soja ao se efetuar novas aplicações de herbicidas, especialmente o glyphosate a ocorrência de resíduos de saflufenacil remanescentes no equipamento de pulverização podem causar sintomas de fitotoxicidade a soja. As injúrias das subdoses de saflufenacil presentes no tanque são agravadas com o incremento da dose deste herbicida e com a mistura do mesmo com o glyphosate devido a ocorrência de efeito sinérgico que ocorre ao se efetuar a mistura desses dois produtos em tanque (Dalazen et al., 2015; Budd et al., 2017; Galon et al., 2020).

Algumas leguminosas, como a soja apresentam certa tolerância a aplicação de 100 g ha⁻¹ de saflufenacil em pré-emergência (Soltani et al., 2017). Porém na pós-emergência dessa cultura escassas são as informações de qual seria uma margem segura de resíduo

no tanque ou de qual a provável dose de saflufenacil a soja consegue tolerar sem que haja elevadas fitotoxicidades ou perdas na produtividade de grãos.

Diante das escassas informações sobre a quantidade de saflufenacil que a soja apresenta sensibilidade, especialmente quando ocorre contaminação do tanque de pulverização com esse herbicida, torna-se importante a realização da presente pesquisa. Desta forma, objetivou-se com o trabalho simular possível injúria provocada por resíduo no tanque do pulverizador de saflufenacil aplicado em isolado ou associado com o glyphosate na cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim-RS, latitude 27° 43' 30,97" S, longitude 52° 17' 40,15" W e altitude de 650 m. A semeadura foi efetuada no sistema de plantio direto na palha, sendo a área cultivada no inverno com a mistura de aveia preta + nabo + ervilhaca e posteriormente dessecada com glyphosate + setoxydim (1335 + 108 g ha⁻¹), 20 dias antes da semeadura da soja, apresentado produtividade de massa seca de 6,0 t ha⁻¹.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumíferico Húmico (Streck et al., 2018), com as seguintes características químicas e físicas: pH em água de 5,6; MO = 3,2%; P= 9,7 mg dm⁻³; K= 134,4 mg.dm⁻³; Al³⁺= 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺= 6,7 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺= 3,1 cmol_c dm⁻³; CTC(t)=10,2 cmol_c dm⁻³; CTC (pH=7,0)= 14,6 cmol_c dm⁻³; H+Al= 4,5 cmol_c dm⁻³; SB=9,5 cmol_c dm⁻³; V= 51%; e argila= 62%, areia= 15% e silte= 23%.

O clima predominante na região de acordo a classificação de Koppen é o Cfa, ou seja, clima temperado, com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C, com precipitação de 1.100 a 2.000 mm, geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente (Peel et al., 2007).

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, sendo composto por 18 tratamentos de acordo o disposto na Tabela 1. A correção da fertilidade do solo foi efetuada conforme as recomendações técnicas para a cultura da soja (CQFS, 2016). A adubação química no sulco de semeadura foi de 375 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 de N-P-K. A soja foi semeada no espaçamento entre linhas de 0,50 m e densidade de 15,75 sementes por metro linear, o que proporcionou densidade de, aproximadamente, 315.000 sementes ha⁻¹. A cultivar utilizada foi DM 5958, pertencente ao grupo de maturação relativa (GMR 5.8), porte médio e hábito de crescimento de ciclo indeterminado.

Cada unidade experimental foi composta por uma área de 15 m², sendo 5 m de comprimento por 3 m de largura, com seis linhas de soja. A área útil correspondeu as quatro linhas centrais, descontando-se 1,0 m de bordadura frontais e finais de cada parcela, totalizando 6 m². As aplicações dos herbicidas foram realizadas com pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização, do tipo leque DG110.02, mantendo uma pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento em 3,6 km h⁻¹ o que proporcionou uma vazão de 150 L ha⁻¹.

As aplicações dos herbicidas aconteceram quando a soja encontrava-se no estágio V3 a V4, aos 28 dias após a emergência da cultura. As condições ambientais no momento de aplicação dos tratamentos eram: luminosidade de 100%, temperaturas do ar e de solo de 33 e 28,3 °C, respectivamente, umidade relativa do ar de 32% e vento de 1,1 a 3,0 km h⁻¹. As plantas daninhas que vieram a emergir no experimento foram controladas, sempre que necessário realizando-se capinas manuais.

As avaliações de fitotoxicidade das plantas de soja foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Para a avaliação de fitotoxicidade dos herbicidas foram atribuídas notas percentuais, utilizando-se uma escala de zero (0%) a cem (100%), onde zero corresponde a ausência de injúrias nas plantas de soja e cem a morte da cultura.

Aos 21 DAT foram avaliadas as características relacionadas a fisiologia das plantas, tais como, concentração interna de CO₂ (C_i - μmol mol⁻¹), condutância estomática (G_s - mol m⁻¹ s⁻¹), taxa fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹), taxa transpiratória (E - mol m⁻² s⁻¹), uso eficiente da água (UEA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹) e eficiência da carboxilação (EC - mol CO₂ m⁻² s⁻¹). A UEA e EC foram calculadas a partir da razão das variáveis A/E e A/C_i, respectivamente. Essas variáveis foram determinadas no terço médio das plantas, na primeira folha completamente expandida. Para a determinação das variáveis fisiológicas utilizou-se um analisador de gases infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), sendo que foi determinado um bloco ao dia, entre as oito e 11 h para que as condições ambientais fossem o mais homogêneas possível durante as análises.

Na pré-colheita da soja, foi avaliado em dez plantas de cada unidade experimental, o número de vagens por plantas e número de grãos por vagem. A colheita da soja foi realizada quando os grãos atingiram, aproximadamente, 18% de umidade. Após a colheita manual e trilha da soja em área de 6 m² foi determinado o peso de mil grãos (g) e a produtividade de grãos (kg ha⁻¹). O peso de mil grãos foi aferido a partir de oito amostras de 100 grãos cada, sendo sucessivamente pesados em balança analítica. Para as análises, a umidade dos grãos foi padronizada para o teor de 13% e a produtividade dos grãos foram extrapolados para kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e, após a comprovação de normalidade dos erros, realizou-se análise de variância pelo teste F, sendo os resultados significativos, aplicou-se o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas no programa Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fitotoxicidade em soja pela aplicação em isolados ou associados dos herbicidas saflufenacil glyphosate

O aumento das doses de saflufenacil, tanto aplicado em isolado quanto associado ao glyphosate, resultou em sintomas de fitotoxicidade mais acentuados nas plantas de soja cultivar DM 5958 IPRO, em todas as épocas avaliadas, dos 7 aos 35 DAT – dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 2). Essa fitotoxicidade foi mais pronunciada quando as doses de saflufenacil ultrapassaram os $4,38 \text{ g ha}^{-1}$ em aplicação isolada ou $2,17 \text{ g ha}^{-1}$ quando associado ao glyphosate.

Considerando que a dose recomendada de saflufenacil em bula para aplicações em dessecação na cultura da soja varia entre 35 e 140 g do produto comercial por hectare (equivalente a aproximadamente $24,50$ a $98,00 \text{ g ha}^{-1}$ de ingrediente ativo), as doses avaliadas foram de $1,09$ a 70 g ha^{-1} onde em $8,7 \text{ g ha}^{-1}$ em 7 DAT já ocorreram sintomas visíveis de fitotoxicidade (55%), evidenciando o alto potencial do saflufenacil em causar danos à soja, mesmo em concentrações muito baixas. Esses resultados são consistentes com os dados relatados por Barbieri et al. (2021), que identificaram fitotoxicidade significativa em soja cultivada em solo com baixa capacidade de retenção, mesmo com doses de saflufenacil próximas a $9,86 \text{ g ha}^{-1}$ - valor correspondente a 14% da dose recomendada em bula. Esse comportamento reforça a hipótese de que resíduos do herbicida provenientes de contaminações em tanques de pulverizadores mal higienizados podem desencadear efeitos fitotóxicos relevantes, mesmo sem aplicação intencional sobre a cultura da soja.

A fitotoxicidade observada deve-se ao fato do saflufenacil ser um inibidor da protoporfirinogênio oxidase (PPO), além disso, o saflufenacil pode causar alterações no balanço hormonal da planta, interferindo na síntese de ácido abscísico e etileno, o que compromete mecanismos de defesa e tolerância ao estresse. Também pode afetar a integridade da cadeia de transporte de elétrons nos cloroplastos e mitocôndrias, levando à redução da eficiência fotossintética e ao acúmulo de compostos tóxicos nos tecidos. Na soja, esses efeitos são particularmente prejudiciais devido à baixa capacidade de metabolização e detoxificação do herbicida, o que resulta em acúmulo do composto ativo nos tecidos jovens, mais sensíveis à ação oxidativa. Assim, mesmo em doses subletais, o saflufenacil pode comprometer o crescimento inicial, reduzir a área foliar ativa e interferir

no desenvolvimento reprodutivo da cultura. (Takano et al., 2020; Yin et al., 2023). Causando o rompimento das membranas celulares e necrose dos tecidos, manifestando-se como clorose, murcha e necrose, especialmente nas folhas mais jovens (Garnica et al., 2022).

Logo a associação com glyphosate intensificou esses efeitos, provavelmente devido à ação conjunta dos dois herbicidas: enquanto o saflufenacil induz estresse oxidativo, o glyphosate compromete a síntese de compostos antioxidantes essenciais (Valença et al., 2020). Essa sinergia pode explicar a maior severidade da fitotoxicidade observada ao se aplicar os dois herbicidas em mistura, mesmo o saflufenacil estando em baixas doses na associação. Resultados semelhantes foram reportados por Salomão et al. (2021) e Yin et al. (2023), ao demonstrarem que inibidores da PPO podem causar danos significativos à soja, sobretudo quando combinados com herbicidas que afetam rotas metabólicas complementares, como o glyphosate.

Observou-se que a aplicação de glyphosate em isolado não ocasionou fitotoxicidade à soja, sendo estatisticamente equivalente à testemunha capinada ao longo do período avaliado (Tabela 2). Esse comportamento é atribuído à presença do gene de resistência ao glyphosate (Roundup Ready®) na cultivar de soja utilizada, o qual confere elevada seletividade ao herbicida, permitindo que a planta metabolize ou tolere sua ação sem apresentar sintomas visuais de injúria. Esse resultado está em consonância com os achados de Guo et al. (2020), que demonstraram alta seletividade do glyphosate em soja RR, mesmo quando aplicado em diferentes estádios fenológicos da cultura, confirmando a segurança do uso desse herbicida em cultivares geneticamente modificadas que apresentem resistência a esse produto.

Os resultados indicam que a aplicação isolada de saflufenacil até a dose de 2,17 g ha⁻¹ ocasionou sintomas leves de fitotoxicidade na soja, sendo estatisticamente superiores apenas aos tratamentos com glyphosate isolado e à testemunha capinada, até os 14 dias após a aplicação (DAT). A partir dessa avaliação (14 DAT) não se observaram diferenças significativas entre esses tratamentos, e aos 35 DAT as injúrias foram inferiores a 4% (Tabela 2). Esse comportamento pode ser atribuído à rápida degradação do herbicida no solo e à capacidade da planta de soja em se recuperar dos danos iniciais causados por doses reduzidas do saflufenacil (Barbieri et al., 2021). Além disso, em aplicações isoladas e em doses subletais, a disponibilidade do herbicida no tecido vegetal é menor, reduzindo a intensidade do estresse oxidativo e permitindo que os mecanismos fisiológicos de reparo atuem de forma eficaz, o que favorece a recuperação da planta ao longo do tempo (Green e Owen, 2011; Tan et al., 2006).

O limite aceitável de fitotoxicidade na soja pode variar de acordo com o herbicida, a dose aplicada, o estágio fenológico da cultura, as condições ambientais, e a presença de misturas em tanque com outros produtos, como adjuvantes ou fertilizantes foliares

(Mccown et al., 2018). No entanto, geralmente são tolerados níveis baixos de fitotoxicidade, na faixa de 10 a 20% de injúrias visuais nas folhas, desde que não interfiram significativamente no desenvolvimento e na produtividade da cultura (Carvalho et al., 2022). Nesse contexto, os sintomas observados com até 2,17 g ha⁻¹ (i.a.) de saflufenacil em aplicação isolada encontram-se dentro dos padrões de seletividade agronomicamente aceitáveis para a soja.

Observou-se que, ao longo do período de 7 a 35 dias após a aplicação (DAT), as plantas de soja apresentaram sinais progressivos de recuperação dos sintomas de fitotoxicidade, especialmente nas menores doses de saflufenacil aplicadas isoladamente (Tabela 2). Esse resultado pode ser atribuído à ativação de mecanismos fisiológicos de detoxificação e reparo celular, bem como à degradação do herbicida no solo e nos tecidos vegetais (Kaur et al., 2024). Embora a associação com glyphosate tenha provocado níveis iniciais mais intensos de injúria, também houve redução dos sintomas com o tempo, favorecida pela metabolização dos compostos e regeneração dos tecidos foliares. No entanto, a recuperação foi menos acentuada nas misturas, possivelmente devido à sinergia entre os herbicidas, que compromete mais severamente os sistemas antioxidantes da planta (Valença et al., 2020). Esses resultados reforçam que a seletividade da soja frente aos tratamentos herbicidas depende da dose, do tipo de mistura, das condições de aplicação e das características relacionadas ao solo e clima.

Em síntese, os resultados demonstram que o saflufenacil, mesmo em doses muito abaixo da recomendada em bula, pode causar fitotoxicidade na soja, especialmente quando associado ao glyphosate, devido à ação sinérgica entre os mecanismos de ação dos herbicidas. No entanto, a severidade dos sintomas foi reduzida ao longo do tempo, principalmente nas menores doses e nas aplicações isoladas, indicando a capacidade de recuperação da cultura. Esses achados reforçam a importância do manejo adequado de doses, misturas e da limpeza de equipamentos, visando minimizar injúrias e garantir a seletividade da soja no uso combinado de herbicidas.

3.2 Efeito na fisiologia das plantas de soja da aplicação em isolado ou em mistura em tanque de saflufenacil e glyphosate

Os parâmetros fisiológicos da soja DM 5958 IPRO foram significativamente afetados pelas doses de saflufenacil, com reduções em concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática de vapores de água (Gs), taxa fotossintética (A), eficiência no uso da água das plantas (EUA) e eficiência na carboxilação (EC), indicando prejuízos à assimilação de carbono e à eficiência fotossintética (Tabela 3). Por outro lado, a taxa transpiratória (E) não foi influenciada pelos tratamentos, o que pode estar relacionado à manutenção parcial da abertura estomática como mecanismo de regulação hídrica e

térmica. Esses resultados corroboram com os achados de estudos anteriores ao demonstrarem que herbicidas inibidores da PPO, como o saflufenacil, podem comprometer o funcionamento fotossintético e aumentar o estresse oxidativo em plantas sensíveis (Miller et al., 2012; Silva de Alencar et al., 2022; Wu et al., 2023), afetando diretamente a eficiência fisiológica mesmo sem alterar significativamente a transpiração.

Em plantas de soja tratadas com saflufenacil e em combinação com glyphosate, observou-se em algumas doses (isolado -4,38 a 35 g ha⁻¹ e na mistura - 2,17, 52,5 e 70 g ha⁻¹) uma redução de Ci (Tabela 3). Como o saflufenacil afeta a fotossíntese, a menor absorção de CO₂ pode prejudicar a produção de energia e o crescimento da planta (Hungria et al., 2014; Ribeiro et al., 2021). De acordo com Hungria et al., (2014), a redução das taxas fotossintética e transpiratória após a aplicação de herbicidas pode ser explicada pela danificação das células mesofílicas e distorção das funções estomáticas, prejudicando a fixação de CO₂ e a produção de energia.

No presente estudo, a eficiência no uso da água (EUA) foi reduzida nas plantas de soja tratadas, tanto com saflufenacil na forma isolada como quando em combinação com glyphosate (Tabela 3). Essa redução indica menor capacidade da planta em fixar carbono por unidade de água transpirada, refletindo prejuízos na assimilação de CO₂ sob estresse herbicida. Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro et al. (2021), que relataram menor aproveitamento da água e queda na eficiência fotossintética em plantas sob estresse herbicida, e por Takano et al. (2020), ao demonstrarem que a associação entre glyphosate e herbicidas inibidores da PPO compromete de forma mais intensa os mecanismos fisiológicos da soja.

Logo, a combinação de saflufenacil e glyphosate provoca efeitos negativos significativos sobre as principais variáveis fisiológicas da soja, como apresentado na Tabela 3. A redução na taxa fotossintética, menor absorção de CO₂, diminuição da transpiração e menor eficiência no uso da água resultam em prejuízos para o crescimento e desenvolvimento das plantas, afetando diretamente a produtividade de grãos (Ganie e Jhala, 2020; Guo et al., 2020; Hungria et al., 2014). Esses efeitos sugerem que a interação entre eles pode causar um estresse fisiológico combinado que compromete a capacidade da soja de utilizar seus recursos de forma eficiente.

3.3 Impacto das aplicações de saflufenacil e glyphosate em isolado ou associados nos componentes de rendimento de grãos da soja

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a aplicação isolada de glyphosate proporcionou o melhor desempenho nos componentes de rendimento da soja, incluindo número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD), superando inclusive a testemunha

capinada nas variáveis PMG e PROD (Tabela 4). Esse desempenho superior pode ser atribuído à elevada seletividade à soja e eficácia do glyphosate no controle de plantas daninhas, favorecendo um ambiente menos competitivo e, conseqüentemente, o pleno desenvolvimento da cultura. Além disso, em doses adequadas, o glyphosate pode induzir efeitos horméticos, estimulando o crescimento vegetal e otimizando processos fisiológicos (Krenchinski et al., 2024). Resultados semelhantes foram relatados por Krenchinski et al. (2024), que observaram que doses entre 45 e 180 g ha⁻¹ foram seguras para induzir hormese em cultivares de soja convencionais e RR, com destaque para os tratamentos via sementes, que proporcionaram os maiores incrementos no crescimento e acúmulo de biomassa. Esses achados reforçam o potencial do glyphosate, quando bem manejado, não apenas como herbicida, mas também como indutor positivo de desempenho produtivo na soja RR.

Os componentes de rendimento da soja, apresentaram variações significativas em resposta aos tratamentos com saflufenacil, isolado ou em mistura com glyphosate, todos abaixo do valor da testemunha capinada (Tabela 4). Esses dados sugerem que a intensidade da fitotoxicidade observada nos estágios iniciais pode ter comprometido o desenvolvimento vegetativo da cultura, impactando diretamente na formação e retenção de estruturas reprodutivas. Essa hipótese é sustentada pelos achados de Miller et al. (2012), que demonstraram que danos causados pelo saflufenacil durante os primeiros estágios de desenvolvimento da soja reduzem a capacidade de recuperação da planta, afetando negativamente as variáveis fisiológicas e morfológicas ao longo de todo o ciclo, com reflexos diretos na produtividade. Dessa forma, o manejo adequado da dose e da combinação de herbicidas é fundamental para garantir a seletividade da cultura e a preservação do seu potencial produtivo.

Quanto à PROD, observou-se uma redução proporcional ao aumento das doses de saflufenacil, tanto em aplicação isolada quanto em combinação com glyphosate (Tabela 4). O tratamento com glyphosate isolado resultou na maior produtividade entre os tratamentos, superando inclusive a testemunha capinada. Esse desempenho superior pode estar associado ao fato de que as capinas manuais, embora eliminem as plantas daninhas, podem causar danos ao sistema radicular da soja, além de permitir rebrota em decorrência de chuvas ou falhas na limpeza na linha de semeadura. Por outro lado, o glyphosate promove controle mais eficaz e duradouro das plantas daninhas, reduzindo a competição inicial e favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura no limpo. Resultados semelhantes foram relatados por autores que demonstraram maior produtividade de soja transgênica sob controle químico com glyphosate, quando comparado à capina manual, devido à menor interferência das plantas daninhas e maior eficiência operacional (Galon et al., 2022).

Ao mesmo tempo que o glyphosate controlou as plantas daninhas que vieram a infestar a soja a aplicação do herbicida em isolado também não ocasionou fitotoxicidade à soja durante toda a fase de avaliação, dos 7 aos 35 DAT (Tabela 2) explicando-se assim a elevada produtividade de grãos desse tratamento em relação aos demais. Algumas pesquisas tem relatado que o glyphosate não prejudica a soja, promovendo um ambiente favorável para seu crescimento e desenvolvimento, sem afetar negativamente a produtividade de grãos (Takano et al., 2020; Ribeiro et al., 2021; Dilliott et al., 2022).

A redução da produtividade de grãos da soja foi mais acentuada nas parcelas tratadas com as doses mais elevadas de saflufenacil, tanto em aplicação isolada quanto em mistura com glyphosate (Tabela 4). Esse efeito pode ser atribuído ao aumento dos níveis de fitotoxicidade observados com o uso de doses altas do herbicida, que comprometem o desenvolvimento inicial da cultura. Além disso, os danos fisiológicos causados pelo saflufenacil afetam diretamente a produção de fotoassimilados, impactando negativamente o enchimento de grãos e, por consequência, a produtividade final. Resultados semelhantes foram reportados por Conte et al. (2022), que demonstraram que compostos com alta capacidade de indução de estresse oxidativo, como os inibidores da PPO, podem interferir em processos fisiológicos essenciais, prejudicando o crescimento e o desempenho produtivo das plantas.

O uso de glyphosate em isolado apresentou incremento de 9,65% na produtividade de grãos da soja ao se comparar com as médias de produtividade da testemunha capinada, uso em isolado de saflufenacil (1,09 e 2,17 ha⁻¹) e a mistura de glyphosate + saflufenacil (1440 + 1,09 g ha⁻¹) que foram os tratamentos que somente ficaram atrás do glyphosate (Tabela 4). Já a aplicação de glyphosate ocasionou incremento de aproximadamente 54% na produtividade de grãos da soja, nesse caso, ao se comparar esse tratamento contra a média do uso de saflufenacil em isolado (4,38; 8,75; 17,50; 35; 52,50 e 70,00 g ha⁻¹) ou da aplicação de glyphosate + saflufenacil (1440 + 2,17; 1440 + 4,38; 1440 + 8,75; 1440 + 17,50; 1440 + 35,00; 1440 + 52,50 e 1440 + 70,00 g ha⁻¹) em mistura em tanque (Tabela 4). A baixa na produtividade média de grãos da soja está associada aos elevados índices de fitotoxicidade (Tabela 2) que o saflufenacil ocasionou sobre a cultura, mesmo quando aplicado em baixas doses (Conte et al., 2022). Esses parâmetros fisiológicos têm impacto direto no crescimento e desenvolvimento da soja, e consequentemente na produtividade de grãos (Rapado et al., 2024).

A aplicação de saflufenacil em doses de até 2,17 g ha⁻¹ em isolado e até 1,09 g ha⁻¹ quando associado ao glyphosate não resultou em reduções significativas na produtividade de grãos da soja, apresentando resultados similares ou até superiores aos da testemunha capinada (Tabela 4). Esses dados indicam que a soja apresenta tolerância a baixas doses de saflufenacil, sem comprometer o desempenho produtivo. Esse

comportamento é particularmente relevante em situações de contaminação acidental por resíduos no tanque de pulverizadores, onde pequenas quantidades de herbicidas remanescentes podem ser aplicadas involuntariamente sobre a cultura.

Apesar do risco, observa-se que doses residuais de saflufenacil dentro desses limites não provocam prejuízos relevantes à produtividade, o que reforça a importância da dose no manejo seletivo. Além disso, a tolerância da soja a baixas doses de saflufenacil também foi confirmada por estudos como os de Dilliot et al. (2022), que demonstraram que a exposição a concentrações reduzidas do herbicida, não compromete significativamente os parâmetros de rendimento da cultura, evidenciando a margem de segurança fisiológica da soja frente a resíduos desse herbicida.

Os resultados demonstram que o glyphosate aplicado em isolado foi o herbicida que não ocasionou fitotoxicidade (Tabela 2), pouco efeito negativo nas variáveis fisiológicas da cultura e ausência de danos nos componentes de rendimento de grãos da soja em relação ao uso das doses de saflufenacil em isolado ou associadas. Desse modo percebe-se que mesmo em pequenas quantidades o saflufenacil ocasiona injúrias importantes à soja, sendo que doses acima $1,09 \text{ g ha}^{-1}$ já ocasiona perdas consideráveis na produtividade de grãos. A correta limpeza no tanque do pulverizador para evitar resíduos de saflufenacil provenientes de aplicações do herbicida em dessecações torna-se uma operação importante para evitar problemas com culturas sensíveis ao produto, como ocorre com a soja.

4 CONCLUSÕES

O incremento das doses de saflufenacil aplicado de modo isolado ou associado (acima de $2,17 \text{ g ha}^{-1}$) com o glyphosate provocou os maiores sintomas de fitotoxicidade a cultivar de soja DM 5958 IPRO.

A aplicação de glyphosate de modo isolado demonstrou ausência de fitotoxicidade igualando-se a testemunha capinada.

O uso em isolado de até $2,17 \text{ g ha}^{-1}$ de saflufenacil ocasionou fitotoxicidade inferior a 25% tendo produtividade de grãos da soja igual a testemunha capinada.

Todas as doses de saflufenacil aplicadas em mistura com glyphosate ocasionaram elevadas fitotoxicidades, refletindo em baixas produtividades de grãos da soja.

A maior produtividade de grãos da soja foi obtida com aplicação de glyphosate de modo isolado, superior inclusive a testemunha capinada.

A soja consegue tolerar a aplicação de até $2,17 \text{ g ha}^{-1}$ de saflufenacil de modo isolado ou até $1,09 \text{ g ha}^{-1}$ quando associado com o glyphosate, sem que ocorram elevadas fitotoxicidades, efeitos na fisiologia das plantas ou elevadas perdas da produtividade de grãos.

5 REFERÊNCIAS

- Adegas FS, Correia NM, Silva AF, Concenço G, Gazziero DLP, Dalazen G. Glyphosate-resistant (GR) soybean and corn in Brazil: past, present, and future. *Adv Weed Sci.* 2022;40(1):e0202200102. Available from: <http://dx.doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2022;40:seventy-five004>
- Alves GS, Vieira BC, Ynfante RS, Santana TM, Moraes JG, Golus JA, et al. Tank contamination and simulated drift effects of dicamba-containing formulations on soybean cultivars. *Agrosyst Geosci Environ.* 2020;3(1): e20065. Available from: <https://doi.org/10.1002/agg2.20065>
- Araújo HH, Soares GDD, Dias-Pereira J, Silva LC, Machado VM. Impact of safufenacil and glyphosate-based herbicides on the morphoanatomical and development of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae): new insights into a non-target tropical tree species. *Environ Sci Pollut Res.* 2025; 31(1): 61254–61269. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35223-4>
- Barbieri GF, Pigatto CS, Leães GP, Kruse ND, Agostinetto D, da Rosa Ulguim A. Physicochemical properties of soil and rates of saflufenacil in emergence and growth of soybean. *J Plant Prot Res.* 2021;61(2):176–182. Available from: <https://doi.org/10.24425/JPPR.2021.137026>.
- Budd CM, Soltani N, Robinson DE, Hooker DC, Miller RT, Sikkema PH. Glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) dose response to saflufenacil, saflufenacil plus glyphosate, and metribuzin plus saflufenacil plus glyphosate in soybean. *Weed Sci.* 2016;64(4):727–734. Available from: doi:10.1614/WS-D-15-00211.1
- Carvalho SJP de, Magalhães TB, Ovejero RFL, Palhano MG. [Phytotoxicity of low doses of dicamba when sprayed in pre-emergence on non-tolerant soybean]. *R Ciênc Agrovet. Portuguese.* 2022;21(1):85–92. Available from: <https://doi.org/10.5965/223811712122022085>.
- Cavichioli BG, Barbieri GF, Pigatto CS, Leães GP, Kruse ND, Ulguim AR. Control and translocation of saflufenacil in fleabane (*Conyza* spp.) according to plant integrity. *Rev Fac Nac Agro Medellín.* 2021;74(2):9523-9530. Available from: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.90951>
- CONAB – Companhia nacional de abastecimento. Monitoring the Brazilian Grain Harvest [Internet]. [cited 2025 May 22]. Available from: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.

Conte FM, Cestonaro LV, Piton YV, Guimarães N, Garcia SC, Silva DD, et al. Toxicity of pesticides widely applied on soybean cultivation: Synergistic effects of fipronil, glyphosate and imidacloprid in HepG2 cells. *Toxicol In Vitro*. 2022;84(1):105446. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2022.105446>

Correia NM. Management and development of fleabane plants in central Brazil. *Planta daninha*. 2020;38(1):e020238215. Available from: <https://doi.org/10.1590/S010083582020380100084>

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. [Liming and Fertilization Manual for the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina]. 11st ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul; 2016. Portuguese.

Cuvaca I, Knezevic S, Scott J, Osipitan OA. Growth and yield losses of roundup ready soybean as influenced by micro-rates of 2, 4-D. *Sustain Agric Res*. 2021; 10(4), 27-32. Available from: <https://doi.org/10.5539/sar.v10n4p27>

Dalazen G, Kruse ND, Machado SL de O, Balbinot A. [Synergism in the combination of glyphosate and saflufenacil for the control of horseweed]. *Pesqui Agropecu Trop*. 2015;45(2):249–256. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v45i3p27>

Dilliott M, Soltani N, Hooker DC, Robinson DE, Sikkema PH. The addition of saflufenacil to glyphosate plus dicamba improves glyphosate-resistant canada fleabane (*Erigeron canadensis* L.) *J Agric Sci*. 2022;14(1):11. Available from: <https://doi.org/10.5539/jas.v14n1p11>

Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc agrotec*. 2011;35(6):1039–1042. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Galon L, Weirich SN, Franceschetti MB, Aspiazú I, da Silva AF, Forte CT, et al. Selectivity of saflufenacil applied alone or mixed to glyphosate in maize. *J. Agric Stud*. 2020; 8 (4): 775-787. Available from: <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16957>

Galon L, Konzen A, Bagnara MAM, Brunetto L, Aspiazú I, da Silva AML, et al. Interference and threshold level of *Sida rhombifolia* in transgenic soybean cultivars. *Rev Fac Cienc Agr*. 2022;54(2):94–106. Available from: <https://doi.org/10.48162/rev.39.086>

Ganie ZA; Jhala AJ. Weed control and crop safety in sulfonylurea/glyphosate-resistant soybean. *Can J Plant Sci.* 2020;100(6):13. Available from: <https://doi.org/10.1139/cjps-2019-0338>

Garnica VC, Jhala AJ, Harveson RM, Giesler LJ. Impact assessment of residual soil-applied pre-emergence herbicides on the incidence of soybean seedling diseases under field conditions. *Crop Prot.* 2022;158(1):e105987. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105987>

Green JM, Owen MDK. Herbicide-resistant crops: Utilities and limitations for herbicide-resistant weed management. *J Agric Food Chem.* 2011;59(11):5819–5829. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf101286h>

Guo BF, Hong HL, Han JN, Zhang LJ, Liu ZX, Guo Y, Qiu LJ. Development and identification of glyphosate-tolerant transgenic soybean via direct selection with glyphosate. *J Integr Agric.* 2020;19(5):1186–1196. Available from: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62747-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62747-4)

Heap, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database [Internet]. [cited 2024 Mar 12]. Available from: <http://www.weedscience.org>

Holkem AS, Silva AL, Bianchi MA, Corassa G, Ulguim AR. Weed management in Roundup Ready® corn and soybean in Southern Brazil: survey of consultants' perception. *Adv Weed Sci.* 2022;40(1):e020220111. Available from: DOI: 10.51694/AdvWeedSci/2022;40:00003

Hungria M, Mendes IC, Nakatani AS, Reis-junior FB, Morais JZ, Oliveira MCN de, Fernandes MF. Effects of the glyphosate-resistance gene and herbicides on soybean: Field trials monitoring biological nitrogen fixation and yield. *Field Crops Res.* 2014; 158(1): 43-54. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.022>

Kaur H, Nelson KA, Singh G, Udawatta RP. Cover crop impacts water quality in a tile-terraced no-till field with corn-soybean rotation, *Agrosyst Geosci Environ.* 2024;360(1):e108794. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108794>

Krenchinski FH, Costa RN, Pereira VGC, Bevilaqua NC, Alcántara-de la Cruz R, Velini ED, et al. Glyphosate hormesis induced by treatment via seed stimulates the growth and biomass accumulation in soybean seedlings. *Sci Total Environ.* 2024;918(1):170387. Available from: <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2024.170387>.

Lamego FP, Nachtigall JR, Machado YMS, Langer CO, Polino RC, Bastiani MO. *Amaranthus hybridus* resistance to glyphosate: detection, mechanisms involved and alternatives for integrated management. *Adv Weed Sci* .2024;42(1):e020240046. Available from: <http://dx.doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2024;42/00025>

Liu X, Merchant A, Xiang S, Zong T, Zhou X, Bai L. Managing herbicide resistance in China. *Weed Sci*. 2021;69(1):4–17. Available from: [doi:10.1017/wsc.2020.68](https://doi.org/10.1017/wsc.2020.68)

MAPA/AGROFIT. Plant health agrosystems - Open Consultation. [Internet]. [cited 2025 May22]. Available from: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

McCown S, Barber T, Norsworthy JK. Response of non–dicamba-resistant soybean to dicamba as influenced by growth stage and herbicide rate. *Weed Technol*. 2018; 32 (5): 513-519. Available from: <https://doi.org/10.1017/wet.2018.64>

Miller RT, Soltani N, Robinson DE, Kraus TE, Sikkema PH. Soybean (*Glycine max*) cultivar tolerance to saflufenacil. *Can J Plant Sci*. 2012;92 (7):1319-1328. Available from: <https://doi.org/10.4141/cjps2012-055>

Oreja FH, Inman MD, Jordan DL, Vann M, Jennings KM, Leon RG. Effect of cotton herbicide programs on weed population trajectories and frequency of glyphosate-resistant *Amaranthus palmeri*. *Weed Sci*. 2022;70(5):587-594. Available from: [doi10.1017/wsc.2022.41](https://doi.org/10.1017/wsc.2022.41)

Parreira ML, Côrrea FR, Silva NF da, Cavalcante WS da S, Ribeiro DF, Rodrigues E. [Herbicides with potential for desiccation of pre-sowing areas of soybean crops]. *Braz J of Sci*. 2023;2(6):46-59. Portuguese. Available from: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i6.271>

Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci*. 2007; 11(5): 1633-1644. Available from: <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

Rapado LP, Kölpin FUG, Zeyer S, Anders U, Piccard L, Porri A, et al. Complementary activity of Trifludimoxazin and Saflufenacil when used in combination for postemergence and residual weed control. *Weed Sci*. 2024;73(1):e14. Available from: [doi:10.1017/wsc.2024.92](https://doi.org/10.1017/wsc.2024.92)

Ribeiro VHV, Maia LSG, Arneson NJ, Oliveira MC, Read HW, Ané JM, et al. Influence of pre-emergence herbicides on soybean development, root nodulation and symbiotic nitrogen fixation. *Crop Prot*. 2021;144(1):105576. Available from: <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2021.105576>.

Salomão HM, Trezzi MM, Viecelli M, Pagnocelli Junior FDB, Patel F, Damo L, et al. [Weed management with pre-emergent herbicides in soybean crops]. *Commun Plant Sci.* 2021;11(1): 60-66. Portuguese. Available from: [10.26814/cps2021008](https://doi.org/10.26814/cps2021008)

Silva de Alencar E, Geist ML, Pereira JPM, Schedenfeldt BF, Nunes FA, da Silva PV, et al. Selectivity of post-emergence herbicides and foliar fertilizer in soybean crop. *Rev Ciênc Agrovet.* 2022;21(4):384–394. Available from: <https://doi.org/10.5965/223811712142022384>.

Streck EV, Kampf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PC, Schneider P, et al. *Soils of Rio Grande do Sul*. 3th ed. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar; 2018

Soltani N, Nurse RE, Sikkema PH. Response of glyphosate-resistant soybean to dicamba spray tank contamination during vegetative and reproductive growth stages. *Can J Plant Sci.* 2016; 96 (1): 160-164. Available from: <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0175>

Soltani N, Shropshire C, Sikkema PH. Sensitivity of leguminous crops to saflufenacil. *Weed Technol.* 2017;24(2):143–146. Available from: [doi:10.1614/WT-09-029.1](https://doi.org/10.1614/WT-09-029.1)

Stewart CL, Robert E, Nurse RE, Cowbrough M, Peter H, Sikkema PH. How long can a herbicide remain in the spray tank without losing efficacy?. *Crop Prot.* 2009;28(1):1086-1090. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.05.003>

Takano HK, Beffa R, Preston C, Westra P, Dayan FE. Glufosinate enhances the activity of protoporphyrinogen oxidase inhibitors. *Weed Sci.* 2020;68(4):324–332. Available from: [doi:10.1017/wsc.2020.39](https://doi.org/10.1017/wsc.2020.39)

Tan S, Evans R, Singh B. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. *J Amino Acids.* 2006;30(1):195–204. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00726-005-0254-1>

USDA-United States Department of agriculture. Word agricultural production. [Internet]. [cited 2025 May 24]. Available from: <https://fas.usda.gov/sites/default/files/2024-04/production.pdf>.

Valença DC, Ielis DCC, Pinho CF, Bezerra ANM, Ferreira MA, Junqueira NEG, et al. Changes in leaf blade morphology and anatomy caused by clomazone and saflufenacil in *Setaria viridis*, a model C4 plant. *S Afr J Bot.* 2020; 135(1): 365-376. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.09.027>

Wu X, Song C, Zhu Y, Wang X, Zhang H, Hu D, et al. Design and synthesis of novel PPO-inhibiting pyrimidinedione derivatives safed towards cotton. *Pestic Biochem Physiol* 2023;193(1):105449. Available from: <https://doi.org/10.1016/J.PESTBP.2023.105449>.

Yin K, Wu H, Zhang Y. Efficient and Practical Synthesis of Saflufenacil. *Org. Prep. Proced. Int.* 2023;55(5):452–457. Available from: doi:10.1080/00304948.2023.2182177.

Figura 1- Resumo gráfico com os principais resultados da pesquisa.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Tabela 1. Tratamentos, doses e adjuvantes utilizados no experimento. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Doses (g ha ⁻¹)	Doses (L ou kg ha ⁻¹)	Adjuvante (0,5% v/v)
Testemunha capinada	---	---	---
Glyphosate	1440	3,000	---
Saflufenacil	1,09	0,0016	Assist
Saflufenacil	2,17	0,0031	Assist
Saflufenacil	4,38	0,00625	Assist
Saflufenacil	8,75	0,0125	Assist
Saflufenacil	17,50	0,0250	Assist
Saflufenacil	35,00	0,0500	Assist
Saflufenacil	52,50	0,0750	Assist
Saflufenacil	70,00	0,1000	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+1,09	3,00+0,0160	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+2,17	3,00+0,0031	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+4,38	3,00+0,0625	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+8,75	3,00+0,0125	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+17,50	3,00+0,0250	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+35,00	3,00+0,0500	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+52,50	3,00+0,0750	Assist
Glyphosate+saflufenacil	1440+70,00	3,00+0,1000	Assist

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Tabela 2. Fitotoxicidade (%) de doses de saflufenacil aplicado em isolado ou em mistura com glyphosate na cultivar de soja DM 5958 IPRO. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Fitotoxicidade (%)				
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	---	0,00 e ²	0,00 e	0,00 d	0,00 d	0,00 d
Glyphosate	1440	0,00 e	0,00 e	0,00 d	0,00 d	0,00 d
Saflufenacil	1,09	16,25 d	12,50 d	7,50 d	5,00 d	3,75 d
Saflufenacil	2,17	23,25 d	17,00 d	10,00 d	6,25 d	2,50 d
Saflufenacil	4,38	36,25 c	28,75 d	22,50 c	20,00 c	17,50 c
Saflufenacil	8,75	55,00 b	50,00 c	46,25 b	45,00 b	38,75 b
Saflufenacil	17,50	76,25 a	65,00 b	58,75 b	56,25 b	48,75 b
Saflufenacil	35,00	80,00 a	73,75 a	67,50 a	67,50 a	65,00 a
Saflufenacil	52,50	81,50 a	76,25 a	75,00 a	81,25 a	79,50 a
Saflufenacil	70,00	94,00 a	90,00 a	87,75 a	90,00 a	85,00 a
Glyphosate+saflufenacil	1440+1,09	45,00 c	40,00 c	32,50 c	28,75 c	21,25 c
Glyphosate+saflufenacil	1440+2,17	47,50 c	43,75 c	40,00 b	37,00 c	32,50 c
Glyphosate+saflufenacil	1440+4,38	68,75 b	61,25 b	51,25 b	47,50 b	40,00 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+8,75	68,75 b	61,25 b	55,00 b	48,75 b	43,75 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+17,50	70,00 b	63,75 b	58,75 b	57,50 b	51,25 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+35,00	76,25 a	61,25 b	56,25 b	55,00 b	50,00 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+52,50	82,50 a	77,00 a	67,50 a	73,75 a	71,25 a
Glyphosate+saflufenacil	1440+70,00	83,25 a	79,50 a	75,00 a	73,75 a	73,25 a
Média Geral	---	55,74	50,06	45,08	44,07	40,22
C.V. (%)	---	21,13	21,11	24,57	27,80	30,13

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

Tabela 3. Variáveis fisiológicas, concentração interna de CO₂ (Ci - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água (Gs - $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E - $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência no uso da água das plantas (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e eficiência na carboxilação (EC - $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$) da cultivar de soja DM 5958 IPRO, em função da aplicação de doses de saflufenacil em isolado ou em mistura com glyphosate. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Variáveis fisiológicas					
		Ci	GS	A	E	UEA	EC
Testemunha capinada	---	261,75 a ¹	0,40 b	21,79 b	3,52 ^{ns}	6,36 b	0,08 b
Glyphosate	1440	250,75 b	0,38 b	22,44 b	2,99	7,05 a	0,09 b
Saflufenacil	1,09	277,25 a	0,40 b	18,18 c	3,18	5,91 b	0,07 c
Saflufenacil	2,17	273,25 a	0,44 a	19,84 c	3,20	6,28 b	0,07 c
Saflufenacil	4,38	249,00 b	0,40 b	23,67 a	3,17	7,58 a	0,09 b
Saflufenacil	8,75	245,25 b	0,45 a	23,80 a	3,08	7,80 a	0,09 b
Saflufenacil	17,50	248,75 b	0,43 a	22,36 b	2,99	7,58 a	0,09 b
Saflufenacil	35,00	243,00 b	0,43 a	22,04 b	2,93	7,67 a	0,09 b
Saflufenacil	52,50	271,75 a	0,37 b	15,45 d	2,93	5,39 b	0,06 c
Saflufenacil	70,00	268,50 a	0,40 b	18,38 c	2,65	6,95 a	0,07 c
Glyphosate+saflufenacil	1440+1,09	265,25 a	0,42 b	18,63 c	3,15	6,07 b	0,07 c
Glyphosate+saflufenacil	1440+2,17	222,67 b	0,41 b	24,48 a	3,03	8,29 a	0,11 a
Glyphosate+saflufenacil	1440+4,38	262,50 a	0,46 a	22,68 b	3,10	7,41 a	0,09 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+8,75	262,25 a	0,45 a	21,22 b	2,95	7,26 a	0,08 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+17,50	257,25 b	0,44 a	23,17 a	3,15	7,47 a	0,09 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+35,00	262,00 a	0,43 a	20,61 b	3,02	6,90 a	0,07 c
Glyphosate+saflufenacil	1440+52,50	249,25 b	0,42 a	23,41 a	2,90	8,11 a	0,09 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+70,00	252,50 b	0,42 a	22,73 b	3,02	7,67 a	0,09 b
Média Geral	---	256,88	0,42	21,38	3,05	7,10	0,09
C.V. (%)	---	5,96	8,34	5,89	8,70	8,87	10,49

¹ Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$. Ns: não significativo a $p \leq 0,05$.

Tabela 4. Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de mil grãos (PMG - g) e produtividade de grãos (PROD – kg ha⁻¹) em função da aplicação de doses de saflufenacil em isolado ou em mistura com glyphosate na cultivar de soja DM 5958. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Componentes de rendimento			
		NVP	NGP	PMG	PROD
Testemunha capinada	---	63,25 a ¹	127,00 a	163,93 b	3549,22 b
Glyphosate	1440	65,55 a	147,35 a	168,86 a	3977,32 a
Saflufenacil	1,09	49,20 b	124,10 a	167,90 a	3522,21 b
Saflufenacil	2,17	54,40 b	122,35 a	155,36 b	3666,61 b
Saflufenacil	4,38	49,55 b	106,55 a	158,34 b	3271,05 c
Saflufenacil	8,75	46,53 b	95,87 b	164,79 b	2581,03 d
Saflufenacil	17,50	60,05 a	109,00 a	178,10 a	2313,32 e
Saflufenacil	35,00	56,07 a	96,70 b	172,50 a	947,13 g
Saflufenacil	52,50	53,17 b	86,80 b	170,17 a	376,05 h
Saflufenacil	70,00	25,73 d	55,47 c	167,75 a	275,19 h
Glyphosate+saflufenacil	1440+1,09	49,05 b	91,45 b	159,87 b	3634,61 b
Glyphosate+saflufenacil	1440+2,17	50,40 b	97,30 b	167,90 a	3076,72 c
Glyphosate+saflufenacil	1440+4,38	39,10 c	75,75 c	175,16 a	2840,30 d
Glyphosate+saflufenacil	1440+8,75	36,93 c	88,73 b	173,32 a	2507,97 d
Glyphosate+saflufenacil	1440+17,50	53,33 b	88,30 b	165,87 b	2153,19 e
Glyphosate+saflufenacil	1440+35,00	54,40 b	104,25 a	171,47 a	1805,88 f
Glyphosate+saflufenacil	1440+52,50	58,28 a	118,00 a	179,33 a	1209,59 g
Glyphosate+saflufenacil	1440+70,00	56,93 a	121,65 a	175,06 a	601,11 h
Média Geral	---	51,21	103,15	168,65	2349,99
C.V. (%)	---	10,73	16,12	3,99	9,82

¹ Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05.