

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE ERECHIM

RUBENS ALFREDO KUJAWINSKI

**SELETIVIDADE DE SAIS DE GLYPHOSATE APLICADOS EM ISOLADO OU
ASSOCIADOS COM CHLORIMUM-ETHYL EM DIFERENTES HORÁRIOS NA
CULTURA DA SOJA**

ERECHIM- RS

2024

RUBENS ALFREDO KUJAWINSKI

**SELETIVIDADE DE SAIS DE GLYPHOSATE APLICADOS EM ISOLADO OU
ASSOCIADOS COM CHLORIMUM-ETHYL EM DIFERENTES HORÁRIOS NA
CULTURA DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentando como requisito para obtenção do grau de
Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal
da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2024

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Kujawinski, Rubens Alfredo

SELETIVIDADE DE SAIS DE GLYPHOSATE APLICADOS EM
ISOLADO OU ASSOCIADOS COM CHLORIMUM-ETHYL EM DIFERENTES
HORÁRIOS NA CULTURA DA SOJA / Rubens Alfredo Kujawinski.

-- 2024.

28 f.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2024.

1. Formulações, Horários de aplicação. I. Galon,
Leandro, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RUBENS ALFREDO KUJAWINSKI

**SELETIVIDADE DE SAIS DE GLYPHOSATE APLICADOS EM ISOLADO OU
ASSOCIADOS COM CHLORIMUM-ETHYL EM DIFERENTES HORÁRIOS NA
CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul –
Campus Erechim, como requisito para a obtenção do
grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Este trabalho de conclusão de curso foi definido e aprovado pela banca em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon- UFFS

Prof. Dr. César Tiago Forte- IDEAU

Avaliador

Eng. Agrônomo, Ms. Rodrigo José Tonin – UFFS

Avaliador

SELETIVIDADE DE SAIS DE GLYPHOSATE APLICADOS EM ISOLADO OU ASSOCIADOS COM CHLORIMUM-ETHYL EM DIFERENTES HORÁRIOS NA CULTURA DA SOJA

Resumo - Na atualidade são escassas as pesquisas que tenham avaliado a eficiência de sais de glyphosate (amônio, isopropilamina e potássio) e os efeitos causados à soja quando aplicados em diferentes horários, de forma isolada ou associados a outros herbicidas. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade de formulações de sais de glyphosate aplicados em isolado ou associados com o chlorimuron-ethyl, em diferentes horários sobre as características fisiológicas e dos componentes de rendimento de grãos da soja. O delineamento experimental utilizado nos experimentos foi o de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial (4x2+1), com quatro repetições. No fator A alocou-se os herbicidas (chlorimuron-ethyl, glyphosate sal de isopropilamina, glyphosate sal de amônio, glyphosate sal de potássio e as misturas dos produtos) e no B foram dispostos os horários de aplicação (6:30 e 12:30 h). De forma adicional aos tratamentos herbicidas foi alocado uma testemunha capinada. As avaliações de fitotoxicidade à soja foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Aos 28 DAT foram avaliadas as características fisiológicas da soja (concentração interna de CO₂, taxa fotossintética, condutância estomática, taxa de transpiração, eficiência do uso da água e de carboxilação, e índice de clorofila). Na colheita da soja foram aferidos os componentes de rendimento de grãos: número de vagens por planta e de grãos por planta, peso de mil grãos e a produtividade de grãos. As aplicações isoladas de chlorimuron-ethyl apresentam as maiores fitotoxicidade a cultivar de soja DM 57i52. O uso de glyphosate sal de isopropilamina, amônio e potássio demonstram menores fitotoxicidades a soja. A mistura em tanque do chlorimuron-ethyl com os sais de glyphosate ocasionam incremento da fitotoxicidade à soja. A testemunha capinada, o glyphosate sal de amônio e esse mais o chlorimuron-ethyl apresentaram melhor desempenho para taxa transpiratória, condutância estomática, taxa fotossintética e eficiência de carboxilação da soja. No geral a testemunha capinada e o glyphosate sal de amônio demonstram os melhores resultados para os componentes de rendimento de grãos. A aplicação de qualquer herbicida às 6:30 h não interfere na produtividade de grãos da soja, enquanto que o uso de glyphosate sal de amônio em isolado ou associado ao chlorimuron-ethyl às 12:30 h apresenta efeito negativo a essa variável. Em geral a aplicação dos herbicidas às 6:30 h foi menos prejudicial a soja do que o uso dos mesmos às 12:30 h.

Palavras-Chave: *Glycine max*; horário de aplicação; aplicação de herbicidas.

SELECTIVITY OF GLYPHOSATE SALTS APPLIED IN ISOLATION OR ASSOCIATED WITH CHLORIMURON-ETHYL AT DIFFERENT TIMES IN SOYBEAN CROP

ABSTRACT: Currently, there is a scarcity of research evaluating the efficiency of glyphosate salts (ammonium, isopropylamine, and potassium) and their effects on soybeans when applied at different times, either alone or in combination with other herbicides. Therefore, this study aimed to assess the selectivity of glyphosate salt formulations applied alone or in combination with chlorimuron-ethyl at different times, focusing on physiological characteristics and grain yield components of soybeans. The experimental design used in the study was a randomized block design arranged in a factorial scheme (4x2+1) with four replications. Factor A comprised the herbicides (chlorimuron-ethyl, glyphosate isopropylamine salt, glyphosate ammonium salt, glyphosate potassium salt, and mixtures of these products), while Factor B included the application times (6:30 AM and 12:30 PM). Additionally, a weed-free control was included alongside the herbicide treatments. Phytotoxicity evaluations on soybeans were conducted at 7, 14, 21, 28, 35, and 42 days after treatment (DAT). At 28 DAT, the physiological characteristics of the soybeans were evaluated, including internal carbon concentration, photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, water-use efficiency, carboxylation efficiency, and chlorophyll index. At harvest, the grain yield components were measured: number of pods per plant, number of grains per plant, weight of 1,000 grains, and grain yield. The isolated application of chlorimuron-ethyl caused the highest phytotoxicity to the soybean cultivar DM 57i52. The use of glyphosate isopropylamine salt, ammonium salt, and potassium salt showed lower phytotoxicity to soybeans. Tank mixing chlorimuron-ethyl with glyphosate salts increased soybean phytotoxicity. The weed-free control, glyphosate ammonium salt, and its combination with chlorimuron-ethyl demonstrated better performance in terms of transpiration rate, stomatal conductance, photosynthetic rate, and carboxylation efficiency in soybeans. Overall, the weed-free control and glyphosate ammonium salt showed the best results for grain yield components. Herbicide application at 6:30 AM did not affect soybean grain yield, while the use of glyphosate ammonium salt, either alone or in combination with chlorimuron-ethyl at 12:30 PM, had a negative effect on this variable. In general, herbicide application at 6:30 AM was less harmful to soybeans than application at 12:30 PM.

Key Words: *Glycine max*; formulations; application of herbicides.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	<u>10</u>
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill), é uma cultura que apresenta grande importância mundial, pois contém alto teor de proteína (40%) e óleo (20%), sendo utilizada para a alimentação humana e animal, produção de óleos, biodiesel, fármacos, cosméticos, dentre outros. No Brasil a área cultivada com soja na última safra (2023/24) foi de 44,6 milhões de hectares e com produção de 154,6 milhões de toneladas (Conab, 2024).

No entanto no Brasil ainda se tem baixas produtividades de soja nas lavouras, sendo isso atribuído em grande parte a interferência ocasionada pelas plantas daninhas. Essas espécies podem diminuir a produtividade de grãos da soja em mais de 90%, reduzir a eficiência das máquinas durante o processo de colheita ou mesmo a qualidade dos grãos colhidos (Zandoná et al., 2018; Galon et al., 2022). As plantas daninhas competem com a soja pelos recursos do meio, tais como, água, luz e nutrientes, podem ser hospedeiras de doenças e insetos, ou mesmo liberarem substâncias alelopáticas que afetam o crescimento e o desenvolvimento da cultura (Battisti et al., 2018; Silva et al., 2021; Stefanic et al., 2022).

As perdas ocasionadas pelas plantas daninhas na produção de grãos da soja podem variar em função de vários fatores, relacionados com a espécie e densidade infestante, cultivar semeada, práticas de manejos adotadas, condições de clima e de solo, época do desenvolvimento que essas espécies infestam a cultura (Zandoná et al., 2018; Souza et al., 2019; Galon et al., 2022; Diniz et al., 2023).

O método de controle mais utilizado é o químico, devido à sua praticidade, eficácia e menor custo quando comparado a outras formas de manejo de plantas daninhas infestantes de culturas de interesse agrícola (Travlos et al., 2017). O uso de agrotóxicos em áreas cultivadas tem altos custos operacionais e, por isso se faz aplicações combinadas ou as misturas em tanque de diferentes produtos, que são frequentemente feitos na maioria das culturas, assim evita-se perdas de tempo, gastos de combustíveis e amassamento da cultura (Gazziero, 2015; Li et al., 2019; Gandini et al., 2020). Por exemplo, aproximadamente 97% dos usuários de agrotóxicos misturam até seis ou mais produtos no tanque do pulverizador para as aplicações (Gazziero, 2015).

Para o controle de plantas daninhas em soja, muitos produtores efetuam a associação de glyphosate com outros herbicidas para ampliar o espectro de controle ou mesmo para controlar plantas daninhas resistentes ou tolerantes a esse produto. A associação do glyphosate com outros herbicidas, como o chlorimuron-ethyl, inibidor da enzima ALS (aceto lactato sintetase) torna-se importante para auxiliar no manejo de plantas daninhas resistentes ou tolerantes que possam infestar as lavouras de soja ou até mesmo aumentar o espectro de

controle dessas espécies (Maciel et al., 2009; Melo et al., 2012; Santos et al., 2016; Silva et al., 2018).

No entanto a aplicação de herbicidas misturados ao tanque resulta em alguns efeitos que podem ser sinérgicos, antagônicos ou aditivos. No efeito sinérgico a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais agrotóxicos é maior do que a soma dos efeitos fitotóxicos de cada produto aplicado isoladamente. Em relação ao efeito antagônico esse ocorre quando a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais agrotóxicos é menor do que a fitotoxicidade de cada produto aplicado isoladamente. E por fim, a aditividade é quando a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais agrotóxicos se equipara à soma dos efeitos de fitotoxicidade de cada produto aplicado em isolado (Petter et al., 2013; Gazziero, 2015; Gandini et al., 2020).

Além dos herbicidas, as condições meteorológicas também podem apresentar efeitos na eficácia ou na seletividade dos produtos aplicados nas culturas para o controle de plantas daninhas. As condições ideais para as aplicações de agrotóxicos são estabelecidas como temperatura abaixo de 30°C, umidade relativa acima de 55% e velocidade do vento entre 3 e 10 km h⁻¹ (Cunha et al., 2016). Essas condições normalmente são facilmente encontradas no início da manhã e ao final da tarde, onde a umidade relativa do ar é elevada e a temperatura é menor, sendo os períodos mais adequados para as aplicações de agrotóxicos (Rodrigues et al., 2019).

Os herbicidas contendo o ingrediente ativo glyphosate são formulados a base de sal potássio, sal amônio e sal de isopropilamina, sendo que dependendo da formulação pode influenciar para que se obtenha maiores ou menores fitotoxicidades às culturas, principalmente quando misturados ao tanque com outros produtos. Também há o efeito da concentração de ingrediente ativo que se tem nas formulações, pois quanto maior a quantidade, mais elevadas são as injúrias dos mesmos, pela rapidez na absorção e translocação, como é o caso do sal potássico que demonstra melhor translocação nas plantas quando comparados a outros sais de glyphosate (Corbett et al., 2004). Li et al., (2005) encontraram diferenças entre as formulações de glyphosate sal de isopropilamina e sal de diamônio em relação a absorção, translocação e no controle de algumas espécies de plantas daninhas. A formulação de glyphosate a base de sal de potássio resultou em melhor controle de espécies de plantas daninhas, em comparação a aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina aos 14, 28 e 56 dias após o tratamento (DAT), de acordo com trabalho de Golob et al., (2008).

No Brasil há relatos que o controle de algumas espécies de plantas daninhas (*Digitaria horizontalis* e *Brachiaria decumbens*) foi superior ao se usar as formulações de glyphosate sal

de isopropilamina e sal potássico, ou seja, a eficiência foi maior, comparativamente à formulação de sal amônio (Jakelaitis et al., 2001; Werlang et al., 2003). Já Agostinetto et al., (2009) ao testarem os mesmos sais de glyphosate observaram que o sal de amônio demonstrou melhor efeito para o controle das plantas daninhas *Portulaca oleracea*, *Amaranthus* spp., *Urochloa plantaginea*, *Echinochloa* spp. e *Cynodon dactylon*.

A seletividade se caracteriza por ser uma possível resposta que determinada cultura apresenta após a aplicação de um herbicida, com a ocorrência ou não de injúrias e que varia de acordo com a espécie cultivada, cultivar, herbicida, dose, misturas e formulações aplicadas desses, estadio fenológico da planta cultivada, condições de clima e de solo, dentre outros (Carvalho et al., 2009; Merotto Jr. et al., 2015; Gandini et al., 2020). Outra possível caracterização quanto a seletividade diz respeito à capacidade da planta de metabolizar a molécula do produto que nela foi aplicado (Nandula et al., 2019).

Os herbicidas quando aplicados nas culturas podem exercer efeitos diretos ou indiretos no crescimento e no desenvolvimento das plantas, podendo ocasionar alterações nos processos fisiológicos e metabólicos, causando desregulação dos mecanismos de defesa, oxidação celular, intoxicação, alterações na absorção de nutrientes, além de causar efeitos negativos sobre os componentes de rendimento das culturas (Zhou et al. 2016; Bari et al., 2020; Costa et al. 2020).

Em relação as injúrias provocadas pelos sais de glyphosate à soja, alguns trabalhos relatam haver elevada seletividade desses produtos a cultura, ao não encontrarem diferenças nas aplicações dos sais de isopropilamina, amônio e potássio sobre algumas cultivares de soja (Correia & Durigan, 2007; Agostinetto et al., 2009; Andrade et al., 2020).

A hipótese do presente estudo é que o uso dos sais de glyphosate (sal de isopropilamina, sal de amônio e sal de potássio) associados ao chlorimuron-ethyl e serem aplicados nos horários mais quentes do dia ocasionam maior fitotoxicidade à soja e consequentemente efeitos na fisiologia das plantas e na produtividade de grãos. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade de formulações de sais de glyphosate aplicados em isolado ou associados com o chlorimuron-ethyl, em diferentes horários sobre as características fisiológicas e dos componentes de rendimento de grãos da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus Erechim/RS*, latitude 27° 72' 52" S, longitude -52 ° 29' 44" W e altitude de 650 m, nos anos agrícolas 2019/20 e 2020/21. Nos dois anos de

cultivo o objetivo dos experimentos foi avaliar a seletividade do uso de sais de glyphosate (amonio, isopropilamina e potássio) aplicados em isolado ou em mistura no tanque do pulverizador com o chlorimuron-ethyl em diferentes horários do dia, às 6:30 e às 12:30 h na cultura da soja. Os experimentos foram instalados em dois anos distintos, para ter repetição dos dados gerados e desse modo maior precisão dos resultados.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumino Férrico Típico (Streck et al. 2018). A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas de acordo com a análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas à cultura da soja (SBCS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 4,8; MO = 3,3%; P = 6,3 mg dm⁻³; K = 106,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,9 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 5,1 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 3,3 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 9,8 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 17,6 cmol_c dm⁻³; H+Al = 8,7 cmol_c dm⁻³; Saturação de bases = 51% e Argila = 62%.

O clima predominante na região de acordo a classificação de Koppen é o Cfa, temperado, com verão quente, 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 10 a 25 dias anualmente (Peel et al., 2007). As condições meteorológicas, como precipitação (mm) e temperatura (°C), registradas durante o período de realização dos experimentos podem ser observadas na Figura 1.

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos, conduzidos nas duas safras agrícolas (24/10/2019 e 13/11/2020) foi o de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial (4x2+1), com quatro repetições. No fator A alocou-se os herbicidas (chlorimuron-ethyl, glyphosate sal de isopropilamina, glyphosate sal de amônio, glyphosate sal de potássio e as misturas de cada sal de glyphosate com o chlorimuron-ethyl) e no B foram dispostos os horários de aplicação (6:30 e 12:30 h), mais uma testemunha capinada, conforme Tabela 1.

Cada unidade experimental contou com as dimensões de 3 x 5 m (largura e comprimento), totalizando uma área de 15 m², contendo 6 linhas de semeadura espaçadas em 0,5 m entre si. A área útil (6 m²) correspondeu às 4 linhas centrais, descartando-se as bordaduras laterais (uma linha em cada lado das parcelas) e as frontais (1 m no início e fim das parcelas).

A semeadura dos experimentos foi efetuada com semeadora/adubadora de precisão em 24/10/2019 e 13/11/2020 para a primeira e segunda safra agrícola, respectivamente. Para ambas as safras agrícolas utilizou-se a cultivar de soja DM 57i52, semeada na densidade média de 28 sementes m⁻², o que proporcionou uma densidade aproximada de 280.000

sementes ha^{-1} . Para a adubação de base foi utilizado 375 kg ha^{-1} da fórmula 05-20-20 (N- P_2O_5 - K_2O).

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos experimentos, respectivos herbicidas e horários de aplicação na cultivar DM 57i52. UFFS/Erechim/RS, nas safras agrícolas 2019/20 e 2020/21.

Tratamentos	Doses (kg/L ha^{-1})	Nome Comercial	Dose (kg/L ha^{-1})	Horários de aplicação (h)
Testemunha capinada	...	---	...	
Chlorimuron-ethyl	0,02	Classic	0,08	
Glyphosate-sal de isopropilamina	1,44	Nufosate	3,00	
Glyphosate-sal de amônio	1,44	Roundup WG	1,82	6:30
Glyphosate-sal de potássio	1,44	Zapp QI 620	2,32	e
Glyphosate-sal disopropilamina+chlorimuron	1,44+0,02	Nufosate+Classic	3,00+0,08	12:30
Glyphosate-sal amônio+chlorimuron	1,44+0,02	Roundup WG+Classic	1,82+0,08	
Glyphosate-sal potássio+chlorimuron	1,44+0,02	Zapp QI 620+Classic	2,32+0,08	

Quando a soja se encontrava no estágio V3 e V4 em 22/11/2019 e 22/12/2020, respectivamente aplicou-se os tratamentos (Tabela 1). A aplicação dos herbicidas foi efetuada com a utilização de um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO_2 , equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 110.02, mantendo-se pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento de $3,6 \text{ km h}^{-1}$, o que proporcionou a vazão de 150 L ha^{-1} de calda herbicida. As condições meteorológicas registradas durante a aplicação dos tratamentos nos experimentos podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Condições ambientais no momento da aplicação dos herbicidas em diferentes horários da cultura da soja, em dois anos agrícolas, 2019/20 e 2020/21.

Ano agrícola	Data da aplicação	Luminosidade (%) às 06:30	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) às 06:30		Umidade relativa às 06:30 (%)	Condições de solo às 06:30	Velocidade do vento (km h^{-1}) às 06:30
			ar	solo			
2019/20	22/11/2019	100	29,2	23,9	59,0	Friável	3,5
2020/21	22/12/2020	100	14,1	28,4	76,0	Úmido	1,4

Ano agrícola	Data da aplicação	Luminosidade (%) às 12:30	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) às 12:30		Umidade relativa às 12:30 (%)	Condições de solo às 12:30	Velocidade do vento (km h^{-1}) às 12:30
			ar	solo			
2019/20	22/11/2019	100	33,2	25,3	33,9	Friável	4,1
2020/21	22/12/2020	100	33,0	28,4	33,0	Úmido	6,0

As avaliações de fitotoxicidade dos herbicidas à soja foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), atribuindo-se notas percentuais, sendo que zero (0%) corresponde a ausência de injúrias e cem (100%) a morte das plantas de acordo com a metodologia proposta por Velini et al., (1995).

Aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) da soja, foram realizadas as avaliações das trocas gasosas utilizando um analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo LCpro-SD (ADC BioScientific Ltd). As variáveis avaliadas foram: concentração interna de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), coeficiente de transpiração (E - $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância de gases (G_s - $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), atividade fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e eficiência de carboxilação (EC - $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) foi aferido a partir da razão das variáveis A/E e A/C_i , respectivamente. Cada bloco experimental foi avaliado sobre iluminação natural em um dia, entre sete e onze horas, em condições de céu aberto, de forma que se mantivessem as condições ambientais homogêneas durante as análises. O índice de clorofila foi aferido com clorofilômetro portátil modelo SPAD 502 Plus, sendo as medições feitas em cinco pontos em cada planta, aleatoriamente nas folhas inferiores, médias e superiores do dossel.

Na pré-colheita foi coletado de modo aleatório dez plantas de soja na área útil de cada parcela para avaliação do número de grãos por vagem, número de vagens e de grãos por planta. Após a colheita manual e trilha da soja em área de 6 m^2 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 dados foram extrapolados para kg ha^{-1} .

Os dados foram analisados conjuntamente, ou seja, os dois anos agrícolas foram agrupados visando diluir o efeito do ano nos resultados experimentais. 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

Houve interação entre os fatores testados (herbicidas x horários de aplicação) para as variáveis; fitotoxicidade aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), taxa de transpiração, condutância de gases, taxa fotossintética, eficiência de carboxilação, índice de clorofila, número de vagens e de grãos por planta, peso de mil grãos e produtividade de grãos. As variáveis fitotoxicidade avaliadas aos 7, 14, 21, 35 e 42 DAT e número de grãos por

vagens somente houve efeito significativo para os diferentes herbicidas testados. As demais variáveis avaliadas (concentração interna de CO₂ - Ci e eficiência de uso da água - EUA) não demonstraram efeito dos fatores de modo individual e nem mesmo para interação, sendo os dados não apresentados.

Os resultados demonstram que a aplicação em isolado de chlorimuron-ethyl apresentou maior fitotoxicidade dos 7 aos 42 DAT ao se comparar com os demais tratamentos (Tabelas 3 e 4). No entanto, com o passar do tempo as injúrias do chlorimuron-ethyl foram diminuindo, chegando aos 42 DAT com índice de 7,67%. Geralmente se tolera baixos níveis de fitotoxicidade, com percentual de 10 a 20% de danos visíveis nas folhas da cultura, essas injúrias normalmente não são prejudiciais para a produtividade dos grãos da soja segundo (Carvalho et al., 2022).

Tabela 3. Fitotoxicidade média (%) à cultivar de soja DM 57i52 em função da aplicação de diferentes herbicidas em dois horários de aplicação, nas safras agrícolas 2019/20 e 2020/21.

Tratamentos	Fitotoxicidade (%)				
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	35 DAT	42 DAT
Testemunha capinada	0,00 d ²	0,00 f	0,00 d	0,00 c	0,00 c
Chlorimuron-ethyl	32,94 a	29,40 a	24,79 a	14,42 a	7,67 a
Glyphosate sal de isopropilamina	4,88 c	4,56 e	6,04 c	3,79 b	0,88 c
Glyphosate sal de amônio	5,54 c	5,79 e	8,63 c	3,17 b	2,25 b
Glyphosate sal de potássio	6,56 c	5,63 e	4,81 c	3,94 b	2,31 b
Glyphosate sal de isopropilamina+chlorimuron-ethyl	26,25 b	13,77 d	13,94 b	3,50 b	2,89 b
Glyphosate sal de amônio+chlorimuron-ethyl	27,04 b	23,50 b	17,19 b	6,56 b	4,06 b
Glyphosate sal de potássio+chlorimuron-ethyl	24,21 b	18,94 c	10,92 c	4,94 b	2,50 b
CV(%)	43,49	45,41	63,28	67,93	88,02
Média Geral	15,93	12,69	10,79	5,04	2,82

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Observou-se que o uso dos sais de glyphosate (isopropilamina, amônio e potássio) aplicados em isolado na soja apresentaram os menores sintomas de fitotoxicidade, em todas as épocas em que foram avaliados, dos 7 aos 42 DAT (Tabelas 3 e 4). Segundo Santos et al., (2007) ao aplicarem diferentes formulações de glyphosate (sal de isopropilamina e potássio) encontraram baixos sintomas de fitotoxicidade na soja, pelo fato dessa ser resistente aos produtos e conseguir metabolizá-los, assemelhando-se assim ao observado no presente estudo.

Ao se efetuar a mistura em tanque dos sais de glyphosate com o chlorimuron-ethyl observou-se fitotoxicidade, somente inferior ao uso de chlorimuron-ethyl em isolado, em todas as avaliações efetuadas. No entanto aos 42 DAT percebe-se redução dos sintomas de injúrias, sendo eles inferiores a 8% (Tabelas 3 e 4). Com o passar do tempo a soja conseguiu metabolizar os herbicidas aplicados, sejam eles em isolado ou em mistura em tanque, observando-se baixos sintomas de fitotoxicidade. Fator esse que está ligado ao crescimento

das plantas de soja, onde conseguem desencadear mecanismos de defesa, metabolizando os herbicidas e assim se recuperam dos danos iniciais provocados pelos produtos se livrando dos sintomas de fitotoxicidade. De acordo com Frene et al., (2018) as plantas tem mecanismos de defesa para a metabolização de herbicidas, o que expressa com o passar do tempo baixas injúrias às culturas, corroborando assim ao observado no presente estudo.

Tabela 4. Fitotoxicidade (%) avaliada aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos DAT e efeito de herbicidas sobre as variáveis fisiológicas, concentração interna de CO₂ (Ci, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa transpiratória (E, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (GS, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência no uso da água das plantas (EUA - mol mol^{-1}), eficiência de carboxilação (EC - $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e índice de clorofila (SPAD) em função de horários de aplicação na cultivar de soja DM 57i52 em duas safras agrícolas 2019/20 e 2020/21.

Tratamentos	Horários de aplicação dos herbicidas (h)					
	06:30	12:30	06:30	12:30	06:30	12:30
	Fitotoxicidade 28 DAT ¹		Transpiração		Condutância	
Testemunha capinada	0,00 Ad ²	0,00 Ad	3,58 Aa	3,58 Aa	0,43 Aa	0,43 Aa
Chlorimuron-ethyl	15,89 Ba	28,33 Aa	2,85 Ab	2,75 Ab	0,39 Ab	0,40 Aa
Glyphosate sal de isopropilamina	5,67 Ac	5,75 Ac	3,54 Aa	3,15 Ba	0,43 Aa	0,38 Bb
Glyphosate sal de amônio	3,63 Ac	3,25 Ad	3,14 Ab	3,36 Aa	0,43 Aa	0,45 Aa
Glyphosate sal de potássio	4,63 Ac	6,13 Ac	3,56 Aa	3,02 Bb	0,45 Aa	0,42 Aa
Glyphosate sal de isopropilamina+chlorimuron	8,00 Ab	5,83 Ac	3,32 Ab	2,98 Ab	0,38 Ab	0,38 Ab
Glyphosate sal de amônio+chlorimuron	9,50 Bb	17,50 Ab	3,09 Ab	3,35 Aa	0,44 Aa	0,40 Aa
Glyphosate sal de potássio+chlorimuron	10,75 Ab	6,33 Bc	3,09 Ab	2,70 Bb	0,45 Aa	0,35 Bb
CV(%)	51,62		12,22		11,54	
Média Geral	7,81		3,19		0,41	

Tratamentos	Horários de aplicação dos herbicidas (h)					
	06:30	12:30	06:30	12:30	06:30	12:30
	Fotossíntese		Carboxilação		Índice de clorofila	
Testemunha capinada	19,86 Aa	19,86 Aa	0,08 Aa	0,08 Aa	41,58 Ab	41,58 Ac
Chlorimuron-ethyl	16,47 Ab	17,25 Ab	0,06 Ab	0,06 Ab	42,30 Aa	42,45 Ab
Glyphosate sal de isopropilamina	18,94 Aa	18,10 Ab	0,07 Aa	0,07 Aa	41,38 Bb	43,27 Aa
Glyphosate sal de amônio	19,16 Aa	18,84 Aa	0,07 Aa	0,07 Aa	41,20 Ab	40,60 Ad
Glyphosate sal de potássio	20,29 Aa	17,50 Bb	0,08 Aa	0,06 Bb	42,33 Aa	40,50 Bd
Glyphosate sal de isopropilamina+chlorimuron	17,52 Ab	17,98 Ab	0,06 Ab	0,07 Aa	41,15 Ab	41,55 Ac
Glyphosate sal de amônio+chlorimuron	19,32 Aa	18,83 Aa	0,07 Aa	0,07 Aa	41,35 Bb	42,45 Ab
Glyphosate sal de potássio+chlorimuron	19,77 Aa	15,27 Bc	0,07A a	0,06 Bb	40,73 Ab	39,83 Bd
CV(%)	9,11		12,85		1,83	
Média Geral	18,43		0,07		41,49	

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelos testes T e de Scott-Knott, a p<0,05, respectivamente.

Mesmo que em algumas situações as misturas em tanque causem uma fitotoxicidade às culturas, essa é uma alternativa que os produtores usam para controlar as pragas (doenças, insetos e plantas daninhas) que ocorrem nas lavouras, pela economia dos recursos, menor esmagamento e a rapidez das operações (Petter et al., 2013; Gazziero, 2015; Gandini et al., 2020). No entanto para se realizar as misturas há necessidade de conhecimento do que essas

podem provocar, sobre as culturas e se terão eficácia no controle de plantas daninhas. De acordo com Marchioreto e Dal Magro (2018), além de em muitas situações ocorrer baixo controle de plantas daninhas, às misturas podem ocasionar efeitos sinérgicos negativos ou aditivos às culturas, ocasionando assim elevada fitotoxicidade com consequente redução da produtividade de grãos ou mesmo não controlarem de modo adequado às pragas infestantes das lavouras.

Os resultados demonstram que a aplicação do chlorimuron-ethyl em isolado proporcionou aumento da fitotoxicidade na soja de 78,94 e 47,68% ao se comparar com os saís de glyphosate e a mistura em tanque dos herbicidas, respectivamente, na média das avaliações efetuadas aos 7,14, 21, 28, 35 e 42 DAT (Tabelas 3 e 4). A aplicação dos saís de glyphosate + chlorimuron-ethyl em mistura em tanque demonstrou incremento de 59,57% de fitotoxicidade à soja, em relação ao uso dos saís de modo isolado, na média de todas as avaliações efetuadas. Vidrine et al., (2002) encontraram valores de fitotoxicidade que variou de 6 a mais de 30% em plantas de soja RR[®], provocados pela aplicação de misturas de chlorimuron-ethyl com glyphosate, corroborando assim em partes com os resultados do presente estudo. Maciel et al. (2009) ao avaliarem a aplicação de glyphosate em mistura em tanque com o chlorimuron-ethyl encontraram fitotoxicidade média de 21,5% aos 7 DAT, vindo essas a diminuir com o passar do tempo, chegando a 0% aos 28 DAT sobre algumas cultivares de soja resistentes ao glyphosate.

Desse modo percebe-se que aplicação do chlorimuron-ethyl em isolado ou em mistura em tanque na soja ocasiona aumento da fitotoxicidade à cultura, principalmente dos 7 aos 35 DAT, vindo a ficar a patamares aceitáveis a partir dos 35 DAT, sem ocasionar grandes efeitos na produtividade de grãos (Tabelas 3 e 4). Em razão da planta estar em estágio jovem essa não consegue metabolizar todo o herbicida que foi aplicado rapidamente, necessitando de tempo para se livrar dos sintomas de fitotoxicidade provocados, principalmente pelo chlorimuron-ethyl. No entanto ocorreu redução da fitotoxicidade do chlorimuron-ethyl aplicado em isolado ou em mistura com os saís de glyphosate na soja, pois a cultura não demonstrou perdas na produtividade de grãos para nem um tratamento envolvendo a aplicação desse herbicida, exceto ao horário das 12:30 h ao se usar o glyphosate sal de amônio + chlorimuron-ethyl. Vidrine et al., (2002) e Maciel et al., (2009) apesar de denotarem fitotoxicidades que variaram de 4 a 30% ao trabalharem com o chlorimuron-ethyl aplicado em isolado ou associado com o glyphosate relatam que a cultura conseguiu se recuperar dos sintomas de dano com o passar do tempo, não refletindo em perdas de produtividade de grãos, o que se assemelha ao observado na presente pesquisa.

A aplicação de um herbicida pode ocasionar um estresse temporário ou permanente dependendo das características físico-químicas do produto, da cultura (cultivar ou híbrido, estágio de desenvolvimento, nutrição, estresse hídrico) e/ou do ambiente (Carvalho et al., 2009; Agostinetto et al., 2016; Carvalho et al., 2022). O estresse temporário permite a rápida recuperação da planta dos danos, com posterior recuperação da taxa de crescimento inicial, com ou sem perdas de rendimento, mas com mudanças relevantes no ciclo da cultura (Carvalho et al., 2009). O estresse permanente impõe uma taxa de crescimento distinta da planta, menor que a inicial, de forma que a probabilidade de perdas de produtividade é maior (Carvalho et al., 2009).

O uso de chlorimuron-ethyl e glyphosate sal de amônio+chlorimuron-ethyl às 12:30 h e de glyphosate sal de potássio+chlorimuron-ethyl às 6:30 h demonstraram as maiores fitotoxicidades aos 28 DAT comparando-se os horários de aplicação entre si para cada tratamento (Tabela 4). Possivelmente a maior fitotoxicidade ocasionada pelos tratamentos aplicados às 12:30 h esteja relacionado ao elevado estresse térmico provocado às plantas de soja, o que ocasiona aumento dos danos dos herbicidas sobre a cultura. E o uso dos produtos às 6:30 h da manhã esteja relacionado com a maior hidratação das cutículas da planta, consequentemente se tem maior passagem dos herbicidas que foram aplicados. Variações de fatores ambientais como umidade relativa, horas de exposição à luz e temperatura podem influenciar diretamente na eficácia e nos efeitos dos herbicidas aplicados nas plantas (Silva et al., 2022; Coêlho et al., 2024). Resultados similares aos observados no presente estudo também foram relatados em trabalho de Coêlho et al., (2024).

Não houve interação dos fatores testados (herbicidas x horários de aplicação) e nem efeito significativo dos fatores em isolado para as variáveis Ci e EUA (dados não mostrados).

A taxa de transpiração (E), a condutância estomática (GS), a taxa fotossintética (A) e a eficiência de carboxilação (EC) foram menores ao se aplicar às 6:30 h o chlorimuron-ethyl em isolado e associado a esse herbicida o glyphosate sal de isopropilamina (Tabela 4). O uso em isolado do glyphosate sal de amônio demonstrou maior E, GS, A e EC quando aplicados às 12:30 h. Para os demais tratamentos ocorreu alternância em relação ao desempenho das variáveis fisiológicas, para algumas variáveis o horário de aplicação às 6:30 demonstrou efeito positivo em outras o uso dos herbicidas às 12:30 foi melhor. O fato das aplicações dos herbicidas demonstrarem resultados alternados pode estar associado a algum mecanismo de defesa da planta. Segundo Dalastra et al. (2014) as plantas que estão submetidas as condições climáticas adequadas, não sofrendo com estresses hídricos, quantidade de luz adequada,

apresentaram concentrações mais altas de CO₂ e taxa fotossintéticas elevadas, já plantas que estão sob estresses diminuem seu metabolismo com efeito nas variáveis fisiológicas.

Ao se comparar os horários de aplicação entre si, dentro de cada tratamento observa-se que o uso de glyphosate sal de potássio + chlorimuron-ethyl às 12:30 h demonstrou menor E, GS, A e EC em relação a esse mesmo herbicida usado às 6:30 h (Tabela 4). Isso está atrelado com a abertura estomática e a atividade fotossintética, pois quando a planta está em ambiente com baixa luminosidade ou passando por algum período de estresse essa fecha os estômatos e consequentemente se tem efeitos nas variáveis E, GS, A e EC, normalmente essas apresentam menor atividade. Efeitos similares aos observados no presente estudo também foram constatados por Manabe et al., (2014) ao trabalharem com herbicidas aplicados em feijoeiro e plantas daninhas competindo com essa cultura.

Não foi observado diferenças estatísticas ao se comparar os horários de aplicação (6:30 e 12:30 h) ao se usar em isolado chlorimuron-ethyl, glyphosate sal de amônio e as misturas em tanque de glyphosate sal de isopropilamina + chlorimuron-ethyl e glyphosate sal de amônio + chlorimuron-ethyl para as variáveis GS e EC (Tabela 4). Isso se deve ao fato dessa variável ter relação direta com a abertura e fechamento dos estômatos, conforme já relatado anteriormente.

Em relação ao índice de clorofila os herbicidas chlorimuron-ethyl e glyphosate sal de potássio apresentaram valores maiores dos que os demais tratamentos ao serem aplicados às 6:30 h, já na aplicação das 12:30 h somente o glyphosate sal de isopropilamina se destacou em relação aos demais (Tabela 4). Todos os demais tratamentos independentemente do horário de aplicação foram estatisticamente inferiores, até mesmo a testemunha capinada.

Ao se comparar os horários de aplicação para o índice de clorofila da soja, observou-se que o glyphosate sal de isopropilamina, glyphosate sal de amônio+chlorimum-ethyl aplicados às 6:30 h e o glyphosate sal de potássio usado em isolado ou misturado em tanque com o chlorimuron-ethyl às 12:30 h demonstram menor desempenho para essa variável (Tabela 4).

Alguns estudos tem relatado que ocorre aumento nos níveis de clorofila da soja aos 35 dias após a aplicação de glyphosate estando isso associado com à recuperação parcial da cultura do estresse ocasionado pelo herbicida (Zobiole et al., 2010; Da Cruz et al., 2019). Isso pode estar relacionado com aumento dos teores dos nutrientes que são quelados após aplicação do glyphosate (Mg e Mn) retomando gradativamente a produção de clorofila na planta (Da Cruz et al., 2019). Logo após a aplicação de glyphosate as plantas de soja apresentaram menor concentração de clorofila, devendo-se isso provavelmente ao menor teor

de nutrientes, especialmente ao Mn e Mg, que atuam na produção e funcionalidade da clorofila (Zobiole et al., 2010). De acordo com Da Cruz et al., (2019) é comum ocorrer variações dos teores de clorofilas, podendo isso estar associado a fatores bióticos e abióticos da região, como disponibilidade de água, temperatura, radiação, salinidade, aplicação de herbicidas e competição com plantas daninhas.

O número de grãos por vagens foi maior ao se aplicar o glyphosate sal de amônio e o glyphosate sal potássio + chlorimuron-ethyl, inclusive maior que a testemunha capinada e os demais tratamentos (Tabela 5). Pelo fato da soja não sofrer com os efeitos de fitotoxicidade e conseguir metabolizar esses herbicidas, o uso do chlorimuron-ethyl associado ao glyphosate não afetou significativamente a produtividade da cultura. Resultado similar foi observado por Maciel et al., (2009), o que corrobora com os encontrados no presente estudo.

Tabela 5. Número de grãos por vagens (NGV) da cultivar de soja DM 57i52 em função da aplicação de herbicidas nas safras agrícolas 2019/20 e 2020/21.

Tratamentos	Número de grãos por vagem
Testemunha capinada	2,62 b ¹
Chlorimuron-ethyl	2,65 b
Glyphosate-sal de isopropilamina	2,67 b
Glyphosate-sal de amônio	2,78 a
Glyphosate-sal de potássio	2,64 b
Glyphosate-sal isopropilamina+chlorimuron	2,58 b
Glyphosate-sal amônio+chlorimuron	2,56 b
Glyphosate-sal potássio+chlorimuron	2,70 a
CV(%)	5,09
Média Geral	2,65

¹ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

A aplicação do glyphosate sal de isopropilamina, amônio e potássio+ chlorimuron-ethyl às 06:30 h apresentou o maior número de grãos por planta (Tabela 6). Os demais tratamentos igualaram-se entre si. Esse fato ocorre em razão de que herbicidas aplicados em horas mais amenas do dia provocam menor fitotoxicidade às culturas ou as plantas conseguem metabolizar esses com maior facilidade do que quando usados em períodos com temperaturas maiores. Coêlho et al., (2024) ao trabalharem com vários herbicidas em feijão-caupi observaram que os menores efeitos tóxicos à cultura ocorreram no uso dos produtos às 6 h comparativamente a aplicação às 12 h, o que se assemelha em partes ao observado no presente estudo.

O uso do chlorimuron-ethyl em isolado e esse herbicida associado ao glyphosate sal de isopropilamina ocasionaram o menor número de grãos por planta, aplicados às 6:30 e 12:30 h, ao se comparar com a testemunha capinada (Tabela 6). Além disso, a aplicação às 12:30 h de

glyphosate sal de isopropilamina, glyphosate sal potássio e a mistura em tanque de chlorimuron-ethyl + glyphosate sal potássio ocasionaram o menor número de grãos por planta ao se comparar com a testemunha capinada e os demais tratamentos.

Tabela 6. Número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por plantas (NGP), peso de mil grãos (PMG) da cultivar de soja DM 57i52 em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários nas safras agrícolas 2019/20 e 2020/21.

Tratamentos	Horários de aplicação dos herbicidas (h)			
	06:30	12:30	06:30	12:30
	Número de vagens por planta		Número de grãos por planta	
Testemunha capinada	52,75 Aa ¹	52,75 Aa	145,35 Aa	145,35 Aa
Chlorimuron-ethyl	46,76 Ab	48,05 Ab	128,91 Ab	134,35 Ab
Glyphosate sal de isopropilamina	51,38 Aa	45,17 Ab	142,47 Aa	126,06 Bb
Glyphosate sal de amônio	57,33 Aa	50,87 Aa	165,94 Aa	147,32 Ba
Glyphosate sal de potássio	46,17 Ab	50,60 Aa	128,33 Aa	140,47 Ab
Glyphosate sal isopropilamina+chlorimuron	49,18 Ab	51,00 Aa	133,37 Ab	138,15 Ab
Glyphosate sal amônio+chlorimuron	53,95 Aa	57,73 Aa	146,58 Aa	158,90 Aa
Glyphosate sal potássio+chlorimuron	54,30 Aa	43,92 Bb	150,18 Aa	126,06 Bb
CV(%)	12,06		13,25	
Média Geral	50,74		141,16	
Tratamentos	Peso de mil grãos (g)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	06:30	12:30	06:30	12:30
	Número de vagens por planta		Número de grãos por planta	
Testemunha capinada	163,51 Ac	163,51 Ac	2540,01 A ^{ns}	2540,00 Aa
Chlorimuron-ethyl	169,54 Ab	173,09 Aa	2702,81 A	2705,00 Aa
Glyphosate sal de isopropilamina	164,56 Ac	166,28 Ab	2643,82 A	2523,61 Aa
Glyphosate sal de amônio	176,89 Aa	169,00 Bb	2565,19 A	2197,04 Bb
Glyphosate sal de potássio	168,45 Ab	159,69 Bc	2734,48 A	2789,62 Aa
Glyphosate sal isopropilamina+chlorimuron	161,90 Ac	164,20 Ac	2536,97 A	2825,82 Aa
Glyphosate sal amônio+chlorimuron	170,15 Ab	166,41 Ab	2646,22 A	2315,52 Ab
Glyphosate sal potássio+chlorimuron	170,04 Ab	168,03 Ab	2318,33 A	2641,80 Aa
CV(%)	2,68		13,68	
Média Geral	167,20		2576,62	

¹ Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelos testes T e de Scott-Knott, a p<0,05, respectivamente. Ns: não significativo a p<0,05.

A aplicação do glyphosate-sal de amônio e do chlorimuron-ethyl demonstraram o maior peso de mil grãos (PMG) ao serem aplicados às 6: 30 e 12:30 h, respectivamente, ao se comparar com todos os demais tratamentos, inclusive melhores que a testemunha capinada (Tabela 6). Em trabalho realizado por Reddy & Zablotowics (2003) os autores observaram resultados semelhantes ao do presente estudo, onde a aplicação de glyphosate nas formulações de sal de isopropilamina ou sal de amônio não causaram reduções na produtividade da soja.

A testemunha capinada, o glyphosate sal de isopropilamina usados em isolado ou em mistura com o chlorimuron-ethyl demonstraram os piores resultados para o peso de mil grãos ao serem aplicados às 6: 30 e 12:30 h (Tabela 6). Albrecht et al., (2012) ao usarem glyphosate

+ chlorimuron-ethyl observaram efeito negativo ao peso de mil grãos da cultivar de soja CD 214 RR. Segundo esses autores essa associação de herbicidas afeta a formação e o enchimento de grãos e irá reduzir a produtividade dos grãos de soja.

A produtividade de grãos da soja não demonstrou diferenças entre os tratamentos que foram aplicados às 6:30 h (Tabela 6). Normalmente quando os herbicidas são aplicados em condições que se tem presença de luz, altas temperaturas e umidade relativa do ar, ocorre maior absorção e translocação pelas plantas (Peterson et al., 2016). Desse modo no presente estudo as aplicações efetuadas às 6:30 h não proporcionaram condições adequadas para que a soja absorvesse e transloca os herbicidas que foram aplicados nesse horário, e como consequência não houve efeito dos tratamentos na produtividade de grãos da soja. Agostinetto et al., (2009) não encontraram diferenças na produtividade de grãos de cultivares de soja ao aplicarem formulações de glyphosate (sal amônio, sal isopropilamina ou sal potássico) em distintas épocas. De mesma forma, Silva et al., (2018) relatam não ocorrer diferenças à produtividade de grãos da soja ao testarem o glyphosate aplicado em isolado ou associado a outros herbicidas, inclusive envolvendo a mistura em tanque de glyphosate+chlorimuron-ethyl para cultivar NS 6700 RR2. Resultados esses que se assemelham ao encontrado na presente pesquisa.

O uso em isolado de glyphosate sal de amônio e a mistura em tanque de glyphosate sal de amônio + chlorimuron-ethyl apresentaram as menores produtividades de grãos da soja quando se aplicou esses herbicidas às 12:30 h (Tabela 6). Todos os demais tratamentos avaliados às 12:30 h demonstraram superioridade na produtividade da soja igualando-se entre si, sendo que os herbicidas não diferiram da testemunha capinada. Os efeitos de fitotoxicidade não devem ser determinados apenas verificando-se os sintomas visuais, pois já são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem causar efeitos visualmente detectáveis (Simões et al., 2016). Por outro lado, alguns herbicidas podem ocasionar injúrias acentuadas, que desaparecem com o desenvolvimento das plantas e que não interferem na produtividade da cultura (Krenchinski et al., 2017; Silva et al., 2018; Da Cruz et al., 2019). A variação da produtividade de grãos que ocorre em soja com o uso de glyphosate em isolado ou misturado a outros herbicidas pode estar associado com a tolerância da cultivar em que são aplicados os produtos, dose e características físico-químicas das moléculas, efeitos de clima, de solo, tecnologia de aplicação, dentre outros fatores que podem interferir para que se tenha uma maior ou menor seletividade da cultura (Wagner & Merotto Jr, 2014; Merotto Jr. et al., 2015; Silva et al., 2018).

Ao se comparar os horários entre si, a aplicação de glyphosate sal de amônio às 12:30 h ocasionou a menor produtividade de grãos em relação ao uso desse às 6:30 h (Tabela 6). Todos os demais tratamentos igualaram-se entre si, independente do horário em que foram aplicados. Possivelmente a menor produtividade de grãos ocasionada pela aplicação do glyphosate sal de amônio às 12:30 h, tenha ocorrido devido ao maior estresse térmico e menor umidade, que afetam a absorção e eficácia do herbicida. Esses fatores limitam a recuperação fisiológica da planta, reduzindo seu potencial produtivo. Diferentemente, os outros tratamentos mantiveram produtividade estável entre os horários, indicando maior tolerância às variações ambientais. De acordo com Andrade et al. (2020) quanto menor o efeito tóxico da formulação de glyphosate maior será a síntese de metabólitos secundários e, consequentemente, maior será o tamanho e produção de fotoassimilados pela planta. A maior quantidade de fotoassimilados é transportada para os grãos e com isso ocorre maior peso de grãos, o que contribui para a obtenção de maiores produtividades de grãos (Andrade et al., 2020).

Apesar de, em algumas situações, a aplicação de herbicidas às 12:30 h não apresentar efeitos negativos em certas variáveis avaliadas na soja, ou não diferir significativamente das aplicações realizadas às 6:30 h, recomenda-se que os produtores optem por horários mais amenos. Nessas condições, temperaturas mais baixas e maior umidade relativa do ar favorecem a absorção e translocação dos produtos, otimizando o controle de plantas daninhas. Além disso, a aplicação em horários mais frescos reduz o risco de evaporação e volatilização, minimizando a deriva para áreas vizinhas, especialmente onde há culturas sensíveis, o que evita prejuízos ao produtor, perdas econômicas e impactos ambientais.

4. CONCLUSÃO

As aplicações isoladas de chlorimuron-ethyl apresentam as maiores fitotoxicidade a cultivar de soja DM 57i52.

Ocorreu menor fitotoxicidade a cultivar de soja DM 57i52 com o uso de glyphosate sal de isopropilamina, amônio e potássio.

A mistura em tanque do chlorimuron-ethyl com os sais de glyphosate (isopropilamina, amônio e potássio) ocasionam incremento da fitotoxicidade à soja.

A testemunha capinada, o glyphosate sal de amônio e o glyphosate sal de amônio mais chlorimuron apresentaram melhor desempenho para as variáveis fisiológicas da soja (taxa transpiratória, condutância estomática, taxa fotossintética e eficiência de carboxilação).

No geral a testemunha capinada e a aplicação de glyphosate sal de amônio apresentam os melhores resultados para os componentes de rendimento de grãos da soja.

Em geral a aplicação dos herbicidas às 6:30 h foi menos prejudicial a soja do que o uso dos mesmos às 12:30 h.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), pelo auxílio financeiro à pesquisa e pelas concessões de bolsas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.L.L. et al. Performance of soybeans with the application of glyphosate formulations in biostimulant association. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 371-383, 2020.

AGOSTINETTO, D. et al. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 739-746, 2009.

AGOSTINETTO, D. et al. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 1-9, 2016.

ALBRECHT, L. P. et al. Glyphosate e associações em pós-emergência no desempenho agrônômico e na qualidade das sementes de soja RR[®]. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 139-146, 2012.

AMARAL, C.L. et al. Crescimento de plântulas de *Vernonia ferruginea* submetidas à estresse térmica. **Planta Daninha**, v.38, e020178700, 2020.

BARROZO, L.M. et al. Estresse térmico e tratamento químico no potencial fisiológico de sementes de *Zea mays* L. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, p. 126-136, 2020.

BATTISTI, R. et al. Soybean yield gap in the areas of yield contest in Brazil. **International Journal of Plant Production**, v. 12, n. 3, p. 159-168, 2018.

BARI, A. et al. Application of various herbicides on controlling large and narrow leaf weeds and their effects on physiological and agronomic traits of wheat. **Planta Daninha**, v. 38, e020202353, 2020.

CARVALHO, S. J. P. de et al. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia agrícola**, v. 66, n. 1 p. 136-142, 2009.

CARVALHO, S. J. P. de. et al. Fitotoxicidade de subdoses do herbicida dicamba quando aplicado em pré-emergência da cultura da soja não-tolerante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, n. 2, p. 85-92, 2022.

COÊLHO, E.S. et al. Time of application of desiccant herbicides affects photosynthetic pigments, physiological indicators, and the quality of cowpea seeds. **Journal of Xenobiotics**, v.14, p.1312–1331, 2024.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. Boletim da Safra de Grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 03 jun. 2024.

CORBETT, J. L. et al. Weed efficacy evaluations for bromoxynil, glufosinate, glyphosate, pyriithiobac, and sulfosate. **Weed Technology**, v. 18, n.2, p. 443-453, 2004.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.

COSTA, E. et al. Simulated drift of dicamba and 2,4-D on soybeans: effects of application dose and time. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 3, p. 857-864, 2020.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Pesticide application windows in the region of Uberlândia MG, Brasil. **Bioscience Journal**, v.32, n.2, p.403-411, 2016.

DA CRUZ, G.G. et al. Fertilizantes foliares, regulador de crescimento e glyphosate no crescimento vegetativo da soja tolerante ao glyphosate. **Colloquium Agrariae**, v.15, p.55-62, 2019.

DALASTRA G. M. et al. Trocas gasosas e produtividade de três cultivares de meloeiro conduzidas com um e dois frutos por planta. **Bragantia**, v. 73, n.2, p: 365-371, 2014.

DINIZ, W. et al. Controle de buva em pré-semeadura na cultura da soja em Goiás, Brasil. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n.1, p. 82-91, 2023.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FRENE, R.L. et al. Enlist E3™ soybean sensitivity and Enlist™ herbicide-based program control of Sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*). **Weed Technology**, v.32, n.4, p.416-423, 2018.

GANDINI, E.M.M. et al. Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production**, v.268, 122152, 2020.

GALON, L. et al. Periods of interference of Alexandergrass on morphophysiological and productive characteristics of transgenic soybean. **Communications in Plant Science**, v. 12, n.1, p. 60-66, 2022.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GOLOB, C.T.; WILLIAMS, M.W.; JOHNSTON, W.J. Efficacy of a new potassium salt formulation of glyphosate (Roundup PROMAX) compared to other formulations of glyphosate. Dept. Crop and Soil Sciences, Washington State University: Pullman, WA, USA, 2008.

JAKELAITIS, A. et al. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 279-285, 2001.

KRENCHINSKI, F.H. et al. Glyphosate affects chlorophyll, photosynthesis and water use of four Intacta RR2 soybean cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.39, n.2, p.1-13, 2017.

- LI, B.X. et al. Selection of organosilicone surfactants for tank-mixed pesticides considering the balance between synergistic effects on pests and environmental risks. **Chemosphere**, v.217, p.591-598, 2019.
- LI, J. et al. Influence of formulation and glyphosate salt on absorption and translocation in three annual weeds. **Weed Science**, v.53, n.2, p.153–159, 2005.
- MANABE, P. M. S. et al. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, v.30, n.6, p. 1721-1728, 2014.
- MACIEL, C.D.G. et al. Seletividade de cultivares de soja RR[®] submetidos a misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-ethyl-ethyl associadas a óleo mineral e inseticidas. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.755-768, 2009.
- MARCHIORETTO, L.R.; DAL MAGRO, T. Efeito protetor do bentazon sobre a fitotoxicidade de herbicidas inibidores de ALS em duas cultivares de feijoeiro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 77-82, 2018.
- McCONWN, S. et al. Response of non-dicamba-resistant soybean to dicamba as influenced by growth stage and herbicide rate. **Weed Technology**, v.32, n. 1, p.513-519, 2018.
- MELO, M.S.C. et al. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.2, p.195-203, 2012.
- MEROTTO JÚNIOR, A.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Efeitos do herbicida glifosato e da aplicação foliar de micronutrientes em soja transgênica. **Bioscience Journal**, v.31, n.2, p.499-508, 2015.
- NANDULA, V. K. et al. Herbicide metabolism: crop selectivity, bioactivation, weed resistance, and regulation. **Weed Science**, v. 67, n. 2, p. 149-175, 2019.
- PEEL, M. C. et al. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, n.5, p. 1633-1644, 2007.
- PETERSON, M.A. et al. 2,4-D past, present, and future: a review. **Weed Technology**, v.30, n.2, p.303-345, 2016.
- PETTER, F.A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.
- REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, v. 51, n. 4, p. 496-502, 2003.
- RODRIGUES, A. A. F. et al. Tecnologias de aplicação de defensivos agrícolas na cultura do café. **Revista Agroveterinária**, v. 1, n.1, p. 77-90, 2019.
- SANTOS, J. B. et al. Effects of glyphosate formulations on transgenic soybean. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2007.

SANTOS, T.T.M. et al. Associação dos herbicidas diclosulam e glyphosate na dessecação visando o controle residual de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.2, p.138-147, 2016.

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

SILVA, A. F. M. Glyphosate, isolated or in associations, at agronomic performance and seed quality of the RR[®] 2 soybean. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, e0732017, 2018.

SILVA, A. F. M. et al. Herbicides in agronomic performance and chlorophyll indices of Enlist E3 and Roundup Ready soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, p. 305-311, 2021.

SILVA, P.V.d. et al. Pre-harvest desiccation strategies of soybean culture: A scenario without paraquat. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v.57, p.710-719, 2022.

SIMÕES, P.S. et al. Selectivity of herbicides inhibitors of photosystem ii for sugarcane cultivars. **Planta Daninha**, v. 34, n. 4, p. 803-814, 2016.

SOUZA, R. G. et al. Desempenho agrônômico de soja, sob interferência de plantas infestantes. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 28, n. 2, p. 194-203, 2019.

STEFANIC, E. et al. Weed community in soybean responses to agricultural management systems. **Agronomy**, v. 12, n.11, p.1-15, 2022.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3.ed. UFRGS: EMATER/RS ASCAR, Porto Alegre, 2018, 251p.

TRAVLOS, I.; NIKOLINA CHEIMONA, N.; BILALIS, D. Glyphosate efficacy of different salt formulations and adjuvant additives on various weeds. **Agronomy**, v.7, n.60, p.1-9, 2017.

VELINI, E. D. et al. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. 1995. 42 p.

VIDRINE, R. P.; GRIFFIN, J. L.; BLOUIN, D. C. Evaluation of reduced rates of glyphosate and chlorimuron in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 16, n.2, p. 731-736, 2002.

WAGNER, J. F.; MEROTTO JR., A. Parâmetros fisiológicos e nutricionais de cultivares de soja resistentes ao glifosato em comparação com cultivares isogênicas próximas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 393-399, 2014.

WERLANG, R. C. et al. Efeitos da chuva na eficiência de formulações e doses de glyphosate no controle de *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 121-130, 2003.

ZANDONÁ, R. R. et al. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**, v. 36, e018169361, 2018.

ZHOU, X. et al. Metabolism and residues of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in DAS-40278-9 maize (*Zea mays*) transformed with aryloxyalkanoate dioxygenase-1 gene. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.64, n. 40, p.7438-7444, 2016.

ZOBIOLE, L.H.S. et al. Glyphosate affects micro- organisms in rhizospheres of glyphosate-resistant soybeans. **Journal of Applied Microbiology**, v.110, n.1, p.118-127, 2010.