



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

AIRTON KELIN DE SOUZA

MANEJO QUÍMICO DE BUVA RESISTENTE A GLYPHOSATE ANTES E
APÓS A SEMEADURA DA SOJA ENLIST

ERECHIM
2023

AIRTON KELIN DE SOUZA

**MANEJO QUÍMICO DE BUVA RESISTENTE A GLYPHOSATE ANTES E
APÓS A SEMEADURA DA SOJA ENLIST**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Erechim, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharel em agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Souza, Airton Kelin de
Manejo químico de buva resistente a glyphosate antes
e após a semeadura da soja enlist / Airton Kelin de
Souza. -- 2023.
33 f. : il.

Orientador: Professor Doutor Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim, RS, 2023.

1. Manejo químico de buva resistente a glyphosate
antes e após semeadura de soja enlist. I. , Leandro
Galon, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

AIRTON KELIN DE SOUZA

**MANEJO QUÍMICO DE BUVA RESISTENTE A GLYPHOSATE ANTES E
APÓS A SEMEADURA DA SOJA ENLIST**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do grau de bacharel em agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 19/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sc. Leandro Galon – UFFS
Orientador

Prof.^a Dr.^a. Sandra Maria Maziero – UFFS
Avaliadora

Dr.^a Ândrea Machado Pereira Franco – UFFS
Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a deus pela oportunidade de estar realizando a conquista de mais um objetivo.

Agradeço também a meu professor, orientador e amigo Leandro Galon, pela instrução e apoio no desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço também ao grupo de pesquisa Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas (MASSA) e a Universidade Federal Fronteira Sul campus Erechim-RS por todo suporte realizado.

Agradeço a banca avaliadora Sandra Maria Maziero e Ândrea Machado Pereira Franco.

E por todos os incentivos, agradeço a minha família, amigos e pessoas próximas.

Agradeço também a mim mesmo, por nunca ter desistido mesmo quando os momentos se tornaram difíceis. E em especial, agradeço a meu pai, o maior incentivador dessa minha conquista que infelizmente durante minha trajetória acadêmica acabou falecendo, vítima da Covid-19. Mas que de onde ele está, sempre me deu força e iluminou meu caminho para eu superar todos os desafios em busca dos meus sonhos. Á todos, obrigado.

RESUMO

As espécies de buvas (*Conyza bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*), infestantes da soja, destacam-se como as principais plantas daninhas que causam elevadas perdas na produtividade e na qualidade dos grãos colhidos. Desse modo, objetivou-se com o trabalho, avaliar a eficácia, a seletividade e o efeito de herbicidas nas características fisiológicas e nos componentes de rendimento de grãos da soja com tecnologia Enlist®. Para isso, foi instalado um experimento a campo em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados, como manejo antecipado da buva (*C. bonariensis*), foram: diquat, amonio-glufosinate, glyphosate, glyphosate + saflufenacil, glyphosate + dicamba, diquat + saflufenacil, diquat + dicamba, amonio-glufosinate + saflufenacil, amonio-glufosinate + dicamba, saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amina, diquat + 2,4-D amina e amonio-glufosinate + 2,4-D amina, mais duas testemunhas, uma infestada e outra capinada, totalizando 15 tratamentos. Dois dias antes da semeadura da soja foi aplicado em área total do experimento diquat + saflufenacil + óleo mineral, exceto nas testemunhas. No estágio V3 a V4 da soja, aplicou-se os herbicidas 2,4-D colina + glyphosate em toda a área experimental, menos nas testemunhas infestada e capinada. Avaliou-se a fitotoxicidade à cultivar de soja C2531E e o controle de buva aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) utilizados no manejo antecipado. As variáveis de trocas gasosas foram aferidas aos 40 dias após emergência da soja. Na colheita da soja foram determinados os componentes de rendimento, números de vagens por planta e de grãos por planta, peso de mil grãos e a produtividade de grãos. A aplicação antecipada de glyphosate + dicamba, amonio-glufosinate + dicamba, saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amina, diaquat + 2,4-D amina e monio-glufosinate + 2,4 D amina e, para a limpeza da soja no estágio V3 a V4, o uso de 2,4-D colina + glyphosate, proporcionaram controle eficiente da buva. Nenhum dos herbicidas aplicados antecipadamente à semeadura da soja ou em pós-emergência ocasionou fitotoxicidade à cultivar de soja C2531E. A aplicação antecipadamente à dessecação da soja de diquat + saflufenacil e, em pós-emergência da soja 2,4-D colina + glyphosate ocasionou o melhor desempenho nas variáveis fisiológicas da cultura. A maior produtividade de grãos foi observada ao se aplicar o amonio glufosinate antecipadamente ao uso de 2,4-D colina + glyphosate.

Palavras-chave: *Conyza bonariensis*. Tecnologia Enlist®. Manejo antecipado. *Glycine max*.

ABSTRACT

The horseweed species (*Conyza bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*) that infest soybeans stand out as the main weeds that cause significant losses in productivity and quality of harvested grains. Therefore, the objective of this study is to evaluate the efficacy, selectivity, and effect of herbicides on the physiological characteristics and yield components of soybeans with Enlist® technology. For this purpose, a field experiment was conducted in randomized blocks with four replications. The treatments used for early management of horseweed (*C. bonariensis*) were: diquat, ammonium glufosinate, glyphosate, glyphosate + saflufenacil, glyphosate + dicamba, diquat + saflufenacil, diquat + dicamba, ammonium glufosinate + saflufenacil, ammonium glufosinate + dicamba, saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amine, diquat + 2,4-D amine, and ammonium glufosinate + 2,4-D amine, plus two controls, one infested and the other weeded, totaling 15 treatments. Two days before soybean sowing, diquat + saflufenacil + mineral oil had been applied to the experimental area, with exception in the witness. At V3 to V4 stages of soybeans, herbicides 2,4-D choline + glyphosate had been applied to the experimental area, with exception of witness weeded and infested. Phytotoxicity to the soybean cultivar C2531E and horseweed control were evaluated at 7, 14, 21, 28, 35, and 42 days after the treatment application (DAT) used for early management. Gas exchange variables were measured 40 days after soybean emergence. At soybean harvest, yield components, such as numbers of pods per plant and number of grains per plant, thousand grain weight and grain productivity, were determined. The early application of glyphosate + dicamba, ammonium glufosinate + dicamba, saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amine, diquat + 2,4-D amine, and ammonium glufosinate + 2,4-D amine, as well as the use of 2,4-D choline + glyphosate for soybean cleaning at V3 to V4, provided efficient horseweed control. None of the herbicides applied before soybean sowing or post-emergence caused phytotoxicity to the soybean cultivar C2531E. The early application of diquat + saflufenacil for soybean desiccation and the post-emergence application of 2,4-D choline + glyphosate resulted in the best performance in the physiological variables of the culture. The highest grain yield was observed when ammonium glufosinate had been applied before the use of 2,4-D choline + glyphosate.

Keywords: *Conyza bonariensis*. Enlist® technology. Early management. *Glycine max*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja, semeando na safra 2021/22 uma área de 41,49 milhões de hectares, com produtividade média estimada em 3,03 t ha⁻¹, totalizando produção de cerca de 125,55 milhões de toneladas (CONAB, 2023). No entanto, essa produtividade média brasileira tem sido muito aquém das obtidas em áreas demonstrativas ou lavouras que adotam elevados níveis tecnológicos, sendo os fatores abióticos e bióticos os responsáveis pelo efeito negativo na produtividade.

Dentre os fatores bióticos que interferem negativamente na qualidade dos grãos colhidos de soja destacam-se as plantas daninhas como responsáveis por ocasionarem perdas de até 94% na produtividade de grãos da soja (ZANDONÁ et al., 2018; GALON et al., 2022a). Isso ocorre em razão de que as plantas daninhas competem com a soja pelos recursos do meio, tais como: água, luz e nutrientes, além de serem 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., 2021a; 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, práticas de manejos adotadas, condições de clima e de solo, cultivar semeada, estágio de crescimento e desenvolvimento que infestam a cultura, dentre outros (ZANDONÁ et al., 2018; SOUZA et al., 2019; GALON et al., 2022a; DINIZ et al., 2023).

Um dos aspectos importantes que deve ser levado em consideração para implantação do manejo das plantas daninhas em soja e assim para se ter sucesso, é determinar o momento adequado para se estabelecer o controle (FOLES et al., 2023). O período em que a cultura e as plantas daninhas coexistem determina o nível de prejuízo causado à cultura, onde sendo maior esse intervalo de competição por recursos, maiores são as perdas na produção, principalmente em fases iniciais do ciclo, pois a interferência nesse estágio resulta em significativas reduções na produtividade (ZANDONA et al., 2018; PRETTO et al., 2020; GALON et al., 2022b). O período crítico de controle de plantas daninhas infestantes da soja é de 14 a 48 dias após a emergência da soja – DAE (ZANDONA et al., 2018) e de 26 a 41 DAE (GALON et al., 2022b) para as Regiões Sul (Pelotas) e Norte (Erechim) do Estado do Rio Grande do Sul, respectivamente.

O controle das plantas daninhas nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja, incluindo a buva, torna-se mais efetivo, com maior facilidade e menos oneroso em relação ao uso de produtos em épocas mais tardias (SILVA et al., 2021a). As plantas daninhas em estádios

mais avançados de desenvolvimento apresentam maior quantidade de reservas acumuladas, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, dificultando o controle com uso de herbicidas, já que essas terão ainda maior quantidade de ceras acumuladas e pilosidade, que são barreiras que dificultam a ação dos produtos, proporcionando às plantas maior capacidade de sobreviver e se recuperar dos efeitos dos herbicidas (ZIMMER et al., 2018).

Dentre as plantas daninhas que tem infestado e dificultado o manejo nas lavouras de soja brasileiras, destacam-se as espécies de buvas (*Conyza bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*) que apresentam elevada competitividade com a cultura, infestam muitas lavouras em vários estados do Brasil, produzem grande número de sementes (KASPARY et al., 2017; PIASECKI et al., 2019). Ainda essas espécies de buva são resistentes aos herbicidas inibidores das enzimas, aceto lactato sintase (ALS), protoporfirinogenio oxidase (Protox), enol-piruvil shiquimato fosfato sintase (EPSPs), da fotossíntese (Fotossistemas I e II) e aos mimetizadores de auxinas (HEAP, 2023). Os propágulos possuem capítulos globosos, com pedúnculos florais, margeados por brácteas de coloração verde e os frutos do tipo aquênio, sendo uma característica vantajosa para a disseminação através do vento, percorrendo longas distancias e permitindo a infestação de novas áreas agrícolas com facilidade (ULZURRUN et al., 2020). Além disso, a capacidade de germinação em diferentes condições ambientais, tais como: temperaturas mais altas. Geralmente, temperaturas entre 20°C e 30°C são ideais para a germinação fotoblástica positiva das sementes, em que a presença de luz estimula a germinação das sementes, além de se adaptarem em diferentes tipos de solo, possuírem alto poder competitivo e contribuir para a disseminação eficaz dessas espécies (ULZURRUN et al., 2020).

As plantas daninhas têm a capacidade de desenvolver resistência, tanto no local-alvo como em locais não-alvo dos herbicidas (BO et al., 2017), e isso se aplica também as espécies de buva. A resistência no local-alvo ocorre devido a mudanças bioquímicas específicas que resultaram na ação do herbicida nesse local, enquanto que a resistência em locais não-alvo é resultante de mecanismos que reduzem a quantidade de moléculas de herbicidas que chegam ao alvo pretendido (BO et al., 2017). Isso faz com que não ocorra o controle da planta daninha pelo herbicida glyphosate (EPSPs), como é no caso da buva.

A buva apresenta resistência ao herbicida glyphosate em diversos países do mundo, incluindo o Brasil, sendo esse produto um dos mais utilizados nas lavouras de soja desde a fase de dessecação até a limpeza da em pós-emergência da cultura, principalmente nas plantas de soja geneticamente modificada que apresentam resistência a esse produto (ADEGAS et al., 2022; HEAP, 2023). O glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados no mundo, porpossuir amplo espectro de controle, características não seletivas, e elevado controle de plantas daninhas

anuais ou perenes em estádios jovens ou avançados de desenvolvimento, desde que essas espécies não sejam tolerantes ou resistentes a esse produto (SILVA et al., 2021a). Estudos apontam que a resistência da buva ao glyphosate pode se dar por fatores relacionados, ao clima, a características de solo, tecnologia de aplicação, uso repetitivo e contínuo do produto ao longo do tempo, falta de rotação de culturas e de alternância de mecanismos de ação de herbicidas nos mais variados manejos adotados nas culturas que envolvem esse produto (PIASECKI et al.; FOLES et al., 2023).

Em virtude da resistência da buva ao glyphosate problemática há necessidade de novas ferramentas tecnológicas para auxiliar o produtor no manejo dessa espécie. Dentre as tecnologias disponíveis destaca-se a Enlist[®] que permite o uso dos herbicidas, glufosinato de amônio, glyphosate e 2,4-D em culturas como a soja, milho e algodão para controlar plantas daninhas problemáticas, resistentes ou tolerantes a esses herbicidas. Essa tecnologia, desenvolvida pela Corteva Agriscience apresenta resistência a alguns herbicidas, permitindo que a planta transgênica não sofra injúrias pelos produtos aplicados como glyphosate, glufosinato de amônio e 2,4-D colina, ao mesmo tempo em que as plantas daninhas são controladas (FOLES et al., 2023).

A seletividade da soja Enlist[®] aos herbicidas, glyphosate, 2,4-D colina e o amônio- ocorre através de uma série de mecanismos fisiológicos como a capacidade da planta absorver e translocar o produto, a metabolização do composto dentro da planta, a expressão de genes que conferem resistência, dentre outros que permitem a planta resistir à exposição dos produtos (MAZON et al 2022). Ocorre ainda a ativação de enzimas específicas, como as oxidases e hidrolases que transformam o composto em uma forma inativa ou menos tóxica para a planta (WRIGHT et al. 2010). Essa seletividade da soja Enlist[®] foi possível por meio de processos biotecnológicos onde foram inseridos os genes ariloxialcanoato dioxigenase (AAD-12 V1), proteína AAD-12, enolpiruvilshiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs) e fosfinotricina acetiltransferase (PAT) que possibilitaram essa cultura ser insensível a esses princípios ativos (WRIGHT et al., 2010). O gene AAD-12 codifica a proteína AAD-12, responsável por converter o 2,4-D em 2,4-Diclorofenol (2,4-DCP), composto não tóxico. Já a enolpiruvilshiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs) e fosfinotricina acetiltransferase (PAT) conferem tolerância aos herbicidas glyphosate e glufosinato de amônio, respectivamente (MAZON et al., 2022). Além disso, as cultivares de soja geneticamente modificadas também podem possuir controle de resistência com base na expressão de genes específicos que conferem resistência ao herbicida, como EPSPs que é um exemplo de genes que confere resistência ao glyphosate em plantas de soja transgênica (FOLES et al 2023).

Porém, é importante ressaltar que o uso excessivo desses herbicidas pode levar ao desenvolvimento da resistência em plantas daninhas, o que pode prejudicar a eficácia do controle químico em longo prazo e trazer prejuízos ao produtor, como ocorreu, por exemplo com a soja RR onde foram efetuados manejos inadequados ou equivocados e várias plantas daninhas adquiriram resistência ao herbicida glyphosate em curto espaço de tempo, entre o lançamento e o uso da tecnologia pelos produtores.

O uso de diferentes herbicidas para o controle de plantas daninhas em soja necessita ser efetuado com algumas precauções, principalmente para que esses não ocasionem elevada fitotoxicidade na cultura e que sejam eficientes no manejo da buva. O limite aceitável de fitotoxicidade na soja varia de acordo com o tipo de herbicida, dose usada, aplicação em momento inadequado, fase de desenvolvimento da planta, condições ambientais desfavoráveis, misturas com outros agrotóxicos ou adubos foliares, dentre outros (MCCOWN et al., 2018). Geralmente se tolera baixos níveis de fitotoxicidade, com percentual de 10 a 20% de danos visíveis nas folhas da cultura, sendo que essas injúrias normalmente não irão prejudicar a produtividade de grãos da soja (CARVALHO et al., 2022).

O manejo de plantas daninhas é um desafio constante para os produtores, e a buva tem se tornado uma das espécies mais problemáticas nas últimas décadas, reduzindo a produtividade de grãos da soja em mais de 36%, mesmo quando aparece em baixas densidades nas lavouras (TREZZI et al., 2014), aumentando os custos de controle na produção de soja que é responsável por utilizar mais de 52% dos produtos químicos agrícolas no país, podendo atingir cerca de US\$ 2,7 bilhões em casos de plantas daninhas resistentes (FOLES et al 2023).

O cultivo de soja com ausência de cobertura de solo durante o inverno ou com cultivo de culturas como, trigo, cevada, triticale, canola, dentre outras, com controle eficiente das plantas daninhas que infestam essas lavouras, o manejo de buva antecipadamente à semeadura da soja se torna muito importante e recomendado. Nesse sentido, estratégias como o controle químico antecipadamente à semeadura da soja ou mesmo a dessecação da buva podem ser eficazes para minimizar a infestação da planta daninha ao se implantar a cultura ou ao conduzir a lavoura.

A aplicação antecipada de herbicidas em relação a semeadura da soja favorece a dessecação, e posteriormente a limpeza de lavouras infestadas com plantas daninhas, especialmente a buva, como consequência se tem maior crescimento e desenvolvimento da cultura e melhores produtividades de grãos. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a eficácia, a seletividade e o efeito de herbicidas na fisiologia e nos componentes de rendimento de grãos de soja com tecnologia Enlist®.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, de 06/11/2020 a 23/04/2021, em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, sendo os tratamentos utilizados para dessecação antecipada da buva descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no manejo antecipado da buva (*Conyza bonariensis*), respectivas doses e modalidade de aplicação.

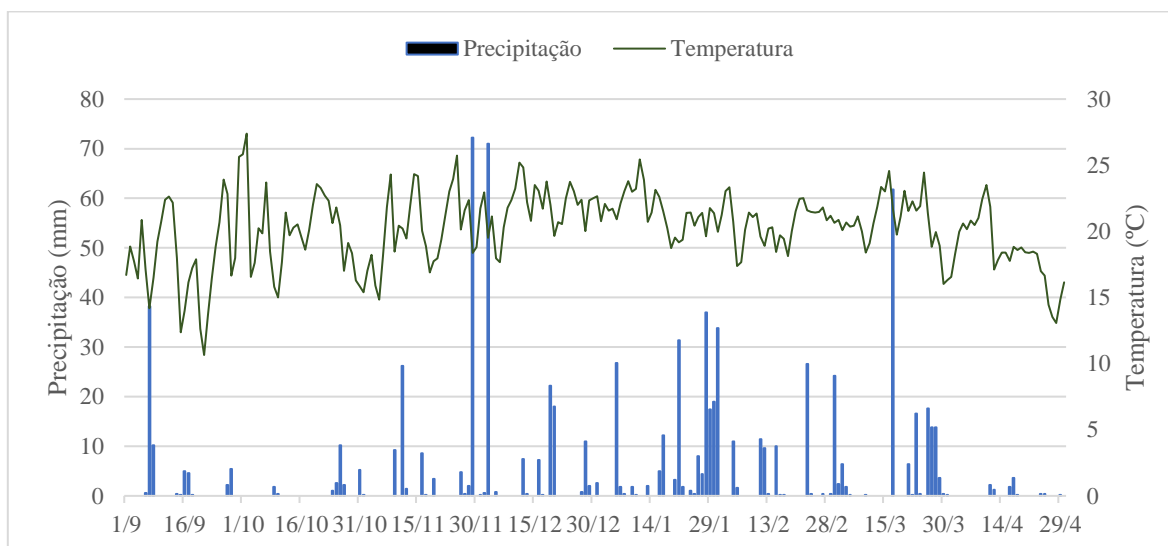
Tratamentos	Doses (g ha ⁻¹)	Doses (L ou kg ha ⁻¹)	Modalidade de aplicação
T01- Testemunha infestada	---	---	---
T02- Testemunha capinada	---	---	---
T03- Diquat	600	3,00	Dessecação
T04- Amonio-glufosinate	600	3,00	Dessecação
T05- Glyphosate	1440	3,00	Dessecação
T06- Glyphosate + saflufenacil	1440+70	3,00+0,10	Dessecação
T07- Glyphosate + dicamba	1440+720	3,00+1,50	Dessecação
T08- Diquat + saflufenacil	600+70	3,00+0,10	Dessecação
T09- Diquat + dicamba	600+720	3,00+1,50	Dessecação
T10- Amonio-glufosinate + saflufenacil	600+70	3,00+0,10	Dessecação
T11- Amonio-glufosinate + dicamba	600+720	3,00+1,50	Dessecação
T12- Saflufenacil + dicamba	70+720	0,10+1,50	Dessecação
T13- Glyphosate + 2,4-D amina	1440+1209	3,00+1,50	Dessecação
T14- Diquat + 2,4-D amina	600+1209	3,00+1,50	Dessecação
T15- Amonio-glufosinate + 2,4-D amina	600+1209	3,00+1,50	Dessecação

O clima predominante na região de acordo com a classificação de Köppen (1931) 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.

Segundo Köppen (1931), a região possui clima do tipo Cfa com temperatura superior a 22 °C no mês mais quente e no mês mais frio inferior a 18°C, e com chuvas bem distribuídas durante o ano.

A precipitação e a temperatura média (°C) ocorridas durante o período de condução dos experimentos podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura média (°C) durante o período de condução do experimento de setembro de 2020 a março de 2021. UFFS/Erechim/RS, 2023. Fonte: INMET, (2023).



O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumíferico típico (STRECK et al., 2018), com as seguintes características químicas e físicas: pH em água de 4,8; MO = 3,3%; P= 6,3 mg dm⁻³; K= 106,0 mg dm⁻³; Al³⁺= 0,9 cmolc dm⁻³; Ca²⁺= 5,1 cmolc dm⁻³; Mg²⁺= 3,3 cmolc dm⁻³; CTC(t)= 9,8 cmolc dm⁻³; CTC (pH=7,0)= 17,6 cmolc dm⁻³; H+Al= 8,7 cmolc dm⁻³; SB= 9,2 cmolc dm⁻³; V= 51%; e Argila= 62. A correção da fertilizada do solo foi efetuada de acordo com a análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura da soja (SBCS, 2016).

A área em que o experimento foi instalado ficou em pousio durante todo o inverno, para que ocorresse a incidência de plantas de buva (*C. bonariensis*) para avaliar o efeito de controle dos tratamentos que foram testados na referida pesquisa sobre a espécie daninha. As plantas de buva no momento da aplicação dos tratamentos no manejo antecipado, ou seja, antes da semeadura da soja (Tabela 1) estavam com estatura média de 44 cm, tendo-se a menor planta 33 e a maior 63 cm, na densidade de 108 plantas m⁻².

Cada unidade experimental apresentou dimensões de 5 x 3 m (15 m²), contendo 6 linhas de semeadura espaçadas a 0,5 m, sendo que a área útil foi representada pelas 4 linhas centrais, descartando-se as bordaduras laterais e frontais. A cultivar de soja utilizada foi a C2531E semeada em 02/12/2020 na densidade de 14 sementes m⁻¹, proporcionando uma população de

aproximadamente 280.000 sementes ha⁻¹. A adubação de base foi de 350 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 de N-P-K.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas com pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização, do tipo leque DG110.02, mantendo-se 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 condições ambientais no momento da aplicação dos herbicidas na cultura podem ser observadas na Tabela 2. Dois dias antes da semeadura da soja, em 30/11/2020 foi aplicado em todo o experimento, menos nas testemunhas infestadas e capinadas, os herbicidas diquat + saflufenacil (600 + 70 g ha⁻¹) + óleo mineral (0,5% v/v) com objetivo de se efetuar a dessecação que o produtor iria fazer antes de semear a soja, especialmente para o controle da buva escape do controle com os produtos utilizados no manejo antecipado (Tabela 1). Essa dessecação serve ainda como uma possível recomendação a ser efetuada aos produtores quando esses tem buva em estágio bem desenvolvimento em suas lavouras, onde se aplica primeiramente herbicidas com ação sistêmica (aplicados anteriormente) e em seguida o uso de produtos de efeito de contato (normalmente o mais próximo da semeadura). Essa recomendação é feita para que o produtor tenha um melhor controle das plantas daninhas consideradas de difícil controle e em estádios bem desenvolvidos, conforme realizado nesse estudo com a buva resistente ao glyphosate.

Tabela 2: Condições ambientais no momento das aplicações dos herbicidas no manejo antecipado, dessecação antes da semeadura e pós emergência da soja.

Condições ambientais	Manejo antecipado (06/11/2020)	Dessecação (30/11/2020)	Aplicação em V3 a V4 (29/12/2020)
Temperatura do ar (°C)	24,8	28,0	33,0
Temperatura do solo (°C)	19,0	26,5	28,6
Umidade relativa do ar (%)	26,0	32,1	50,0
Velocidade do vento (unidade)	4,0	1,0 a 3,0	3,0 a 6,0
Céu	100% limpo	40% limpo	60% nublado
Solo	seco	úmido	úmido

Quando a soja se encontrava no estágio de V3 a V4 (três a quatro trifólio) em 29/12/2020 aplicou-se os herbicidas 2,4-D colina + glyphosate (972 + 1234 g ha⁻¹). No momento da aplicação do 2,4-D + glyphosate (V3 a V4 da soja) as plantas de buva que não foram controladas pela aplicação antecipada de diferentes herbicidas (Tabela 1) encontravam-se na estatura de 0,10 até 1,6 m e o papuã (*Urochloa plantaginea*) no estágio de 2 folhas a 5 perfilhos. As densidades médias de buva e do papuã eram de 24 e 48 plantas m⁻², respectivamente.

Foi avaliado o controle da buva aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) usados para o manejo antecipado (Tabela 1) e aos 7 DAT quando se dessecou a vegetação dois dias antes da semeadura da soja, sendo que nessa operação usou-se o diquat + saflufenacil nas doses de $(600 + 70 \text{ g ha}^{-1})$ + óleo mineral (0,5% v/v). Avaliou-se ainda a fitotoxicidade que os herbicidas usados no manejo antecipado pudessem ter ocasionado na soja aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência da cultura (DAE). Da mesma forma avaliou-se a possível fitotoxicidade que a aplicação de 2,4-D + glyphosate tenha causado/ promovido na soja aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT. O controle da buva ocasionado pela mistura de 2,4-D + glyphosate quando aplicados em pós-emergência da soja, no estágio V3 a V4 foi avaliado aos 7, 14, 21, 28 e 35 e 42 DAT.

As avaliações de controle da buva ou de fitotoxicidade à soja foram efetuadas atribuindo-se notas percentuais, sendo zero (0%) aos tratamentos com ausência de injúrias às plantas e de cem (100%) para a morte das plantas daninhas e/ou da cultura de acordo com a metodologia proposta por Velini et al., (1995)

Aos 40 dias após emergência foram determinadas as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas de soja, tais como concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($\text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência de carboxilação ($EC - \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$). A eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/E e A/C_i , respectivamente. As variáveis fisiológicas foram determinadas no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas de soja, usando-se um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). Foi determinado cada bloco em um dia, entre sete e 11 h da manhã, de forma que se mantenham as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Na fase de pré-colheita da soja foram coletadas de forma aleatória dez plantas em cada unidade experimental para se determinar o número de vagens por plantas e número de grãos por planta. Essas variáveis foram determinadas por contagens no laboratório Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas (MASSA) da UFFS, Campus Erechim/RS.

A colheita da soja foi realizada manualmente quando os grãos atingiram 16% de umidade, em área útil de 6 m^2 por unidade experimental, usando-se posteriormente uma trilhadeira de parcelas estacionária para debulhar os grãos. Após a trilha da soja determinou-se o peso de mil grãos - PMG (g) e a produtividade de grãos (kg ha^{-1}). O PMG foi efetuado contando-se 8 amostras de 100 grãos em cada repetição, e após efetuou-se pesagem em balança analítica. A

umidade dos grãos foi padronizada para o teor de 13% e os dados de produtividade de grãos foram extrapoladas para kg ha^{-1} .

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias, e após a comprovação da normalidade dos erros, realizou-se análise de variância pelo teste F, obtendo resultados significativos aplicou-se o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas com auxílio do software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que o glyphosate aplicado de forma isolada não controlou a buva, ocorrendo índices de 10% aos 7 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), igualando-se a testemunha infestada dos 14 ao 21 DAT (Tabela 3). Esse fato demonstra que o biótipo de buva usado no experimento apresenta resistência ao herbicida glyphosate, conforme já descrito também por Pretto et al., (2020). O melhor controle de buva foi obtido com aplicação de amonio-glufosinate + saflufenacil, dos 7 aos 21 DAT, sendo equivalente a testemunha capinada, seguido de amonio-glufosinate + dicamba, amonio-glufosinate + 2,4-D amina e diquat + dicamba. Os demais tratamentos herbicidas apresentaram controle somente superior a testemunha infestada, não demonstrando eficiência para o manejo de buva. A combinação do amonio-glufosinate com outros herbicidas resultou no aumento do efeito do produto o que incrementou a eficácia no controle da buva (ALBRECHT et al., 2020) assemelhando-se aos resultados encontrados no presente estudo.

Tabela 3. Porcentagem de controle de buva (*Conyza bonariensis*) com herbicidas aplicados anteriormente a semeadura da soja.

Tratamentos	Controle da buva (%)			
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	Dessecação ³
T01 - Testemunha infestada	0,00 h ²	0,00 h	0,00 j	0,00 c
T02 - Testemunha capinada	100,00 a	100,00 a	100,00a	100,00 a
T03 - Diquat	80,00 d	75,56 g	48,89 i	96,50 b
T04 - Amonio-glufosinate	81,11 d	88,67 d	76,11 e	98,50 a
T05 - Glyphosate	9,38 g	0,00 h	0,00 j	95,75 b
T06 - Glyphosate + saflufenacil	64,44 e	90,00 c	79,81 d	99,50 a
T07 - Glyphosate + dicamba	65,56 e	80,00 f	80,00 d	99,50 a
T08 - Diquat + saflufenacil	90,00 b	91,44 c	84,17 c	99,00 a
T09 - Diquat + dicamba	86,50 c	88,67 d	88,67 a	97,92 a
T10 - Amonio-glufosinate + saflufenacil	94,44 a	97,00 a	90,00 a	100,00 a
T11 - Amonio-glufosinate + dicamba	84,17 c	94,67 b	88,89 a	100,00 a
T12 - Saflufenacil + dicamba	60,00 f	90,00 c	74,44 f	99,50 a
T13 - Glyphosate + 2,4-D amina	65,00 e	74,44 g	68,89 h	98,67 a
T14 - Diquat + 2,4-D amina	85,78 c	85,78 e	70,56 g	98,67 a
T15 - Amonio-glufosinate + 2,4-D amina	85,00 c	94,44 b	86,00 b	99,33 a
CV (%)	2,20	1,57	1,79	1,25
Média Geral	63,43	70,04	62,43	92,19

¹Dias após a aplicação dos tratamentos anterior à semeadura. ²Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ³Aplicado o diquat + saflufenacil (600+70 g ha⁻¹) + Assist (0,5% v/v) dois dias antes da semeadura da soja.

Em relação a dessecação realizada dois dias antes da semeadura da soja com os herbicidas diquat + saflufenacil (600+70 g ha⁻¹) + Assist (0,5% v/v) aplicados em mistura em tanque ocorreu controle acima de 95% em todos os tratamentos (Tabela 3). No entanto, anteriormente ao uso de diquat + saflufenacil, a aplicação de diquat (T03) e o glyphosate (T05) foram

estaticamente inferiores a todos os demais, sendo somente superiores a testemunha infestada. No entanto, a porcentagem de controle foi ótima acima de 95%. A porcentagem mínima necessária para que um determinado herbicida possa ser recomendado para o controle de plantas daninhas é acima de 80% (OLIVEIRA et al., 2009). Desta forma, o controle de 95% do presente estudo superou o percentual de controle quando comparado ao ,c mínimo recomendado.

O diquat é um herbicida de contato, e quando aplicado em buva em estágio bem desenvolvido, pode ocorrer o rebrote das plantas tratadas. No presente estudo as plantas tinham em média 44 cm de estatura quando esse herbicida foi aplicado. Como já foi relatado anteriormente, o biótipo de buva presente na área experimental é resistente ao glyphosate não ocorrendo o seu controle ao usar esse herbicida isoladamente. Assim, ocorreu uma menor taxa de controle da buva com a aplicação de diquat + saflufenacil dois dias antes da semeadura da soja, em que isso provavelmente esteja relacionado, além da resistência da planta daninha, mas também pelo fato desses dois herbicidas serem de contato. A eficácia de herbicidas no controle da buva melhora quando se aplicada antecipadamente produtos sistêmicos e de maneira sequencial os herbicidas de contato (ALBRECHT et al., 2020), o que também se observou no presente estudo para a maioria dos tratamentos testados.

Avaliando o efeito dos herbicidas aplicados no manejo antecipado aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência da soja não foi constatado sintomas de fitotoxicidade (dados não apresentados). Isso ocorreu em virtude que todos os herbicidas utilizados no manejo antecipado da soja (Tabela 1) são recomendados e/ou registrados para uso na cultura, seja como dessecantes das lavouras antes de semear a soja ou mesmo na pré ou pós-emergência da cultura (AGROFIT, 2023).

Os resultados demonstram que a aplicação de 2,4-D + glyphosate no estágio V3 à V4 da soja ocasionou porcentagem de fitotoxicidades de 20, 15, 10, 5 e 0%, respectivamente, aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT em todas as parcelas em que foi aplicado a presente mistura desses herbicidas (Dados não apresentados). As injúrias observadas no presente estudo foram folhas da soja em formato de concha, encarquilhadas, com bordas amareladas e ainda deformadas, porém com o passar do tempo as plantas recuperaram-se dos sintomas de danos dos produtos, chegando a desaparecer por completo aos 35 DAT. Foles et al., (2023) observaram que a mistura de 2,4-D + glyphosate aplicados em soja com tecnologia Enlist[®] podem ocasionar efeitos iniciais de fitotoxicidade, ocasionando clorose e enrolamento das folhas. Esses sintomas são temporários e influenciados por herbicidas e outros fatores como: condições ambientais, doses e produtos, volatilidade, absorção foliar, dentre outros (ALBRECHT et al. 2020). Em relação aos parâmetros fisiológicos não foi observado efeito da aplicação dos tratamentos no

manejo antecipado, e nem mesmo ao uso de 2,4-D + glyphosate no controle da buva para a concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática de vapores de água (GS) e taxa transpiratória (E) (Tabela 4). Isso pode ocorrer devido à capacidade de adaptação da planta de soja aos herbicidas utilizados e ao fato de que esses parâmetros fisiológicos podem não ser diretamente afetados por esses herbicidas. A falta de efeito dos tratamentos testados sobre o Ci, GS e E pode ser explicada pela capacidade da soja em ajustar seu metabolismo para minimizar os danos causados pelos herbicidas, em que a planta pode regular a abertura dos estômatos e taxa de transpiração para manter uma concentração adequada de CO₂ e evitar perdas excessivas de água, mesmo quando expostas aos herbicidas (GALON et al. 2022a).

Tabela 4. 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 na carboxilação (EC - $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência no uso da água das plantas (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) da cultivar de soja Enlist C2531E, em função da aplicação de herbicidas em manejo antecipado ou em pós-emergência da cultura.

Tratamentos	Variáveis Fisiológicas					
	Ci	GS	A	E	EC	EUA
T01- Testemunha infestada	251,00 ^{ns}	0,45 ^{ns}	22,49 a ¹	2,38 ^{ns}	0,09 a	9,51 a
T02- Testemunha capinada	278,00	0,44	19,94 c	2,26	0,07 b	8,94 b
T03- Diquat	267,00	0,45	18,98 c	2,41	0,07 b	7,98 c
T04- Amonio-glufosinate	265,25	0,43	17,55 c	2,68	0,07 b	7,79 c
T05- Glyphosate	260,00	0,47	21,68 b	2,34	0,08 a	9,32 b
T06- Glyphosate + saflufenacil	277,25	0,47	21,26 b	2,32	0,08 a	9,16 b
T07- Glyphosate + dicamba	278,50	0,45	19,66 c	2,26	0,07 b	8,71 b
T08- Diquat + saflufenacil	272,75	0,45	23,94 a	2,19	0,08 a	10,97 a
T09- Diquat + dicamba	278,75	0,48	21,06 b	2,27	0,08 a	9,30 b
T10- Amonio glufosinate + saflufenacil	263,25	0,46	21,10 b	2,37	0,08 a	8,93 b
T11- Amonio glufosinate + dicamba	270,00	0,50	20,10 b	2,27	0,08 a	9,28 b
T12- Saflufenacil + dicamba	264,25	0,44	20,63 b	2,30	0,08 a	9,03 b
T13- Glyphosate + 2,4-D amina	268,50	0,48	21,10 b	2,27	0,08 a	9,32 b
T14- Diquat + 2,4-D amina	266,00	0,40	20,57 b	2,21	0,08 a	9,36 b
T15- Amonio-glufosinate+2,4 D amina	263,33	0,47	20,97 b	2,27	0,08 a	8,65 b
CV (%)	4,05	8,45	6,38	5,89	8,59	7,98
Média Geral	268,26	0,46	20,79	2,29	0,08	9,08

^{ns} Não significativo a $p \leq 0,05$. ¹ Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a $p < 0,05$.

Observou-se que a testemunha infestada e o diquat + saflufenacil para o manejo antecipado da buva e sobre esses produtos o uso em pós-emergência (estádio V3 a V4) de 2,4-D + glyphosate foram as aplicações que ocasionaram a maior taxa fotossintética (A), eficiência de carboxilação (EC) e uso eficiente da água (UEA) na soja, quando se compara com todos os demais tratamentos (Tabela 4). Os demais herbicidas, seja os usados no manejo antecipado ou a aplicação em pós-emergência, igualaram-se a testemunha capinada ou foram superior a essa

para as variáveis fisiológicas A, EC e UEA, e inferiores a testemunha infestada e ao diquat + saflufenacil, com o complemento de 2,4-D + glyphosate no estágio V3 a V4 da soja. Esses resultados podem ser explicados pelos efeitos dos tratamentos no controle efetivo das plantas daninhas e na redução da competição por recursos com a cultura, principalmente pela água.

A aplicação de diquat + saflufenacil apresentou elevado controle da buva e promoveu uma melhoria na fisiologia da soja com incremento da taxa fotossintética e da eficiência de carboxilação, além disso, a adição de 2,4-D + glyphosate em pós-emergência foi eficaz no controle das plantas daninhas remanescentes ou outras espécies presentes na área, como o papuã, permitindo um melhor desempenho fisiológico da cultura. Esses resultados demonstraram a importância do controle eficiente das plantas daninhas infestantes da soja para que não se tenha efeito negativo no desempenho fisiológico da cultura e conseqüentemente redução da produtividade de grãos. A competição de plantas daninhas afeta a produtividade da soja, reduzindo o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o peso médio dos grãos. Além disso, a competição também pode trazer alterações nas características qualitativas da soja, como teor de proteína e óleo (STEFANIC et al., 2022). A combinação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, como diquat + saflufenacil e 2,4-D + glyphosate pode contribuir para o manejo eficiente das plantas daninhas, especialmente as resistentes, como nesse caso a buva, e assim se ter condições adequadas para o crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente boa produtividade de grãos da soja.

A aplicação de 2,4-D + glyphosate, em pós-emergência da soja, sobre os tratamentos que antecipadamente foi usado o glyphosate + dicamba, diquat + dicamba, amonio-glufosinate + dicamba, saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amina, amonio-glufosinate + 2,4-D amina foram os que melhor controlaram a buva, dos 7 aos 42 DAT (Tabela 5). A superioridade da aplicação de 2,4-D + glyphosate em pós-emergência da soja em relação aos tratamentos usados antecipadamente, no controle da buva pode ser atribuído às propriedades sinérgicas desses herbicidas quando combinados, ou pela ajuda no controle dos biótipos que apresentam resistência, principalmente ao glyphosate. Essa efetividade está vinculada às diferentes vias de ação dos herbicidas, bem como à sinergia entre os princípios ativos presentes na combinação que melhora a ação dos produtos sobre as plantas daninhas (SILVA et al. 2021b).

Tabela 5. Porcentagem de controle de *Conyza bonariensis* (buva) infestante da soja cultivar Enlist C2531E em função da aplicação de herbicidas.

Tratamentos	Controle de buva (%)					
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT	42 DAT
T01-Testemunha infestada	0 f ²	0 f	0 f	0 d	0 d	0 c
T02-Testemunha capinada	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T03-Diquat	89 c	98 a	98 b	100 a	100 a	100 a
T04-Amonio-glufosinate	96 b	90 c	94 c	99 a	99 a	100 a
T05-Glyphosate	75 e	69 e	84 d	91 c	98 b	100 a
T06-Glyphosate + saflufenacil	87 c	88 d	80 e	94 b	98 b	100 a
T07-Glyphosate + dicamba	99 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T08-Diquat + saflufenacil	86 d	89 c	94 c	99 a	99 a	100 a
T09-Diquat + dicamba	98 a	99 a	99 a	100 a	100 a	100 a
T10-Amonio glufosinate + saflufenacil	94 b	94 b	98 b	100 a	100 a	100 a
T11-Amonio glufosinate + dicamba	99 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T12-Saflufenacil + dicamba	98 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T13-Glyphosate + 2,4 D amina	99 a	99 a	99 a	100 a	100 a	100 a
T14-Diquat + 2,4D amina	75 e	90 c	94 c	94 b	100 a	100 a
T15-monio-glufosinate+2,4 D amina	100 a	100 a	99 a	100 a	100 a	100 a
CV (%)	1,21	1,05	0,87	0,68	0,75	0,19
Média Geral	86,58	87,95	89,59	91,97	93,11	99,33

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

Os tratamentos, diquat, amonio-glufosinate, glyphosate + saflufenacil, diquat + saflufenacil, amonio-glufosinate + saflufenacil e diquat + 2,4-D amina usados no manejo antecipado da soja e sobre esses a aplicação de 2,4-D + glyphosate apresentaram até os 28 DAT controle da buva inferior aos tratamentos glyphosate + dicamba, diquat + dicamba, amonio-glufosinate + dicamba, saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amina, amonio-glufosinate + 2,4-D amina (Tabela 5). Esse resultado assemelha-se ao encontrado por Duenk et al. (2023), em queo glyphosate combinado com dicamba, diquat, amonio-glufosinate, saflufenacil ou 2,4-D amina apresentou maior eficácia no controle da buva em comparação com a combinação que envolveu diquat, amonio-glufosinate, glyphosate + saflufenacil, diquat + saflufenacil, amonio-glufosinato + saflufenacil e diquat + 2,4-D amina.

A redução no controle da buva nos tratamentos até os 28 DAT pode ocasionar menor produtividade da soja, pois nessa fase ocorre a diferenciação de grãos e a planta está em estágio crítico de crescimento e desenvolvimento, sendo crucial manter a cultura livre da competição de plantas daninhas para garantir o máximo potencial produtivo da cultura. O período crítico de controle de plantas daninhas infestantes da soja no Alto Uruguai Gaúcho, onde o presente estudo foi desenvolvido, é de 26 a 42 DAE (GALON et al., 2022b) e em outras regiões do Estado do Rio Grande do Sul (RS) esse intervalo pode variar de 14 a 48 DAE (ZANDONÁ et

al., 2018). Essa diferenciação que existe entre as regiões em que se cultiva soja no RS, em relação ao período de interferência de plantas daninhas ocorrentes na cultura se deve a distintos fatores relacionados com as características físico-químicas de solo, condições ambientais, cultivares utilizadas, manejo adotado com a cultura, sistema de semeadura, dentre outros.

A presença de plantas daninhas durante o estágio inicial de desenvolvimento da soja ocasiona interferência pelos recursos luz, água e nutrientes, comprometendo a capacidade da cultura em produzir grãos de forma eficiente e de qualidade (SOLTANI et al., 2017). Além disso, a competição das plantas daninhas com a cultura durante essa fase crítica pode resultar em redução no número de vagens e tamanho dos grãos, impactando diretamente na produção da soja.

Aos 35 DAT somente os tratamentos envolvendo o glyphosate e o glyphosate + saflufenacil demonstraram controle inferior aos demais herbicidas e a testemunha capinada ao serem aplicados no manejo antecipado da buva e sobre esses o uso de 2,4-D colina + glyphosate (Tabela 5). No entanto, pode-se observar que o controle demonstrado pelo glyphosate e o glyphosate + saflufenacil foi de 98% da buva, considerado ótimo. O nível de controle de plantas daninhas varia de acordo com a espécie, a distribuição e o estágio de desenvolvimento das mesmas presentes na lavoura, o produto e sua dose e o momento de aplicação do herbicida, bem como das condições ambientais (SILVA et al., 2021a, b). Dessa forma, controle de 98% pode ser considerado eficiente, especialmente para a buva que é uma espécie conhecida por sua resistência e dificuldade de controle. De acordo com Diniz et al., (2023) densidades de buva de 16 a 18 plantas m⁻² causaram redução em torno de 18% na produtividade da soja, considerada essa significativa.

Observou-se aos 42 DAT não haver diferenciação quanto ao controle da buva para todos os herbicidas ao serem comparados entre si e nem mesmo com relação a testemunha capinada, somente em relação a testemunha infestada (Tabela 5). Obteve-se controles da buva de 100% em todos os tratamentos, exceto a testemunha infestada, em que a própria dinâmica de crescimento da cultura da soja também pode ter influenciado no controle da buva.

Figura 2. Comparativo de buva infestante com parcelas onde a buva foi controlada durante o período de condução do experimento de setembro de 2020 a março de 2021. UFFS/Erechim/RS



À medida que a soja vai se desenvolvendo ocorre o fechamento das entrelinhas, podendo dificultar a visualização das plantas de buva remanescentes, levando à percepção de um maior controle, mesmo que algumas plantas ainda estejam presentes ou também pode ocorrer a senescência das plantas de buva presentes na área.

Os resultados demonstram ainda que o uso de glyphosate de forma isolada não apresentou controle da buva (Tabela 3) em razão desse biótipo ser resistente ao herbicida. E isso ocasionou baixo controle da buva (de 69 até 84%) aos 7, 14 e 21 DAT, mesmo que dois dias antes da soja se tenha usado a aplicação de diquat + saflufenacil (Tabela 3) e no estágio V3 a V4 o 2,4-D colina + glyphosate (Tabela 5). Pela alta infestação da buva que havia na área experimental esse controle máximo de até 84% aos 21 DAT interferiu diretamente na produtividade de grãos da soja, com redução de 19% ao se comparar esse tratamento (T05) com aquele que apresentou a maior produtividade de grãos o amonio-glufosinate (T04) (Tabela 6). Desse modo fica evidente que há necessidade do uso de outros herbicidas aplicados no manejo antecipado ou mesmo em dessecação, isolados ou associados ao glyphosate para o controle da buva resistente para evitar perdas de produtividade de grãos da soja, ou mesmo em áreas que não adotam manejos com coberturas de inverno de modo correto.

Tabela 6. Número de vagens (NVP) e de grãos por planta (NGP), peso de mil grãos - PMG (g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da soja cultivar Enlist C2531E em função da aplicação de herbicidas como manejo antecipado a dessecação, na dessecação e no estágio V3 a V4 em pós-emergência.

Tratamentos	Componentes de rendimento			
	NVP	NGP	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T01- Testemunha infestada	61,78 m ¹	128,05 o	182,78 f	491,10 p
T02- Testemunha capinada	207,09 h	711,95 a	195,27 b	4483,27 d
T03- Diquat	251,81 c	532,37 i	194,58 b	3748,65 n
T04- Amonio-glifosinate	188,56 l	454,02 n	190,54 d	4762,04 a
T05- Glyphosate	247,51 d	627,27 f	195,24 b	3984,41 m
T06- Glyphosate + saflufenacil	236,11 e	643,91 c	194,33 b	4699,96 b
T07- Glyphosate + dicamba	268,77 a	630,71 e	192,91 c	3684,43 o
T08- Diquat + saflufenacil	234,41 e	668,47 b	191,53 c	4366,54 f
T09- Diquat + dicamba	224,30 f	533,07 i	192,09 c	4328,94 h
T10- Amonio-glifosinate + saflufenacil	254,21 b	635,22 d	188,83 e	4469,06 e
T11- Amonio-glifosinate + dicamba	211,96 g	514,76 j	190,67 d	4583,17 c
T12- Saflufenacil + dicamba	246,04 d	556,15 h	187,56 e	4131,50 l
T13- Glyphosate + 2,4-D amina	192,43 j	580,09 g	193,70 c	4316,31 i
T14- Diquat + 2,4-D amina	195,21 i	468,57 m	196,00 b	4183,69 j
T15- Amonio-glifosinate + 2,4-D amina	205,22 h	503,12 l	198,19 a	4340,67 g
CV (%)	0,64	0,26	0,74	0,04
Média Geral	215,03	545,85	192,30	4038,25

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

Após os 28 DAT o glyphosate usado como tratamento no manejo antecipado, demonstrou melhoria no controle da buva, fato esse que pode estar associado com o efeito do 2,4-D colina + glyphosate aplicado em pós-emergência da soja, ou ainda, pela finalização do ciclo da buva, em que a mesma veio a secar ou mesmo com a soja vindo a fechar as entre linhas, e assim dificultou até mesmo a visualização das plantas que havia no local durante as avaliações de controle, conforme relatado anteriormente (Tabela 5). O estágio de desenvolvimento da planta daninha no momento da aplicação do herbicida é um fator determinante para o sucesso de controle, pois plantas velhas e mais desenvolvidas apresentam mais pelos, cera e reservas energéticas que podem auxiliar na metabolização do herbicida e dificultar o controle (MARQUES et al., 2012; MACHINESKI et al., 2019).

Alguns estudos que avaliaram a eficácia da associação de herbicidas, para o controle da buva resistente ao glyphosate, como exemplos; as misturas de saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amina, amonio-glifosinate + 2,4-D amina, glyphosate + dicamba e dicamba + amonio-glifosinate relataram que essas foram eficientes para o manejo dessa planta daninha (DUENK et al., 2023), o que corrobora em partes com os resultados encontrados na presente pesquisa.

Figura 3. Comparativo de buva infestante com parcelas onde a buva foi controlada durante o período de pré-colheita em março de 2021. UFFS/Erechim/RS, 2021.



A aplicação anterior a semeadura da soja de glyphosate + dicamba ocasionou o maior número de vagens por plantas (NVP), inclusive superior a testemunha capinada (Tabela 6). Isso provavelmente deve-se ao fato de que o glyphosate + dicamba ter proporcionado o melhor controle das plantas daninhas presentes na área, ocorrendo menor competição com a cultura, por água, nutrientes e luz. Salienta-se que o dicamba pode persistir no solo de até 75 dias sendo isso importante no manejo de plantas daninhas, e assim a cultura germinar livre de competição ou com menor densidade de plantas do competidor. No entanto, fatores como formulação do herbicida, dose aplicada, tecnologia de aplicação, características do solo, condições climáticas e características da planta daninha podem afetar persistência do dicamba no solo (AGUIAR et al., 2020).

Outra hipótese é que a aplicação anteriormente a semeadura de glyphosate + dicamba pode ter afetado positivamente o sistema radicular da soja desenvolvendo um maior número de raízes laterais, resultando em um melhor aproveitamento de água e nutrientes do solo, o que contribuí para o aumento do número de vagens por plantas. O dicamba por ser um herbicida do grupo químico do ácido benzoico, mimetizador de auxina e tem como um de seus efeitos o engrossamento de raízes, onde pode afetar o equilíbrio hormonal das plantas (CARVALHO et al., 2022). Esse herbicida pode influenciar na produção e distribuição de auxinas, que é capaz de influenciar no crescimento e desenvolvimento da planta ou mesmo ter um aumento na quantidade de raízes, que podem ajudar na absorção de água e nutrientes em períodos de estresse hídrico (OLIVEIRA et al., 2017).

A testemunha capinada apresentou o maior número de grãos por plantas (NGP), com incremento de 6% ao se comparar com o melhor tratamento herbicida aplicado anteriormente a semeadura da soja (T08), diquat + saflufenacil (Tabela 6). Isso decorre provavelmente pela redução da competição entre a buva e a soja desde a semeadura da cultura até o final do ciclo, reduzindo a competição por água, nutrientes e luz e/ou também pela menor liberação de substâncias alelopáticas das plantas daninhas no local, já que esse tratamento foi mantido capinado desde o momento da aplicação dos herbicidas usados para dessecação antecipada (Tabela 2) até o fechamento das entre linhas da soja. A fase de formação de vagens na cultura da soja, que ocorre aproximadamente de 35 a 60 dias após a emergência, de acordo com a cultivar, é um estágio crítico para a produtividade de grãos. Nesse período, é essencial que a cultura esteja livre da infestação de plantas daninhas, a fim de evitar uma influência direta e prejudicial nesse componente de rendimento. Em concordância com essas informações, Carvalho et al. (2022) também verificaram que a testemunha capinada apresentou maior número de vagens por planta. Os autores destacaram a importância de manter a soja livre de plantas daninhas durante a fase de formação de vagens para garantir rendimento adequado de grãos.

O uso de amonio-glufosinate + 2,4-D amina demonstrou o maior PMG ao ser comparado com os demais tratamentos, inclusive foi melhor que a testemunha capinada (Tabela 6). Essa superioridade pode ser explicada pelos efeitos sinérgicos desses herbicidas, e assim se ter controle eficiente das plantas daninhas. Segundo Pereira et al. (2019) ao compararem diferentes estratégias de controle de plantas daninhas na cultura da soja, o uso de amonio-glufosinate + 2,4-D amina resultou em PMG significativamente maior em relação a outros herbicidas.

Os resultados demonstram que a produtividade de grãos foi maior ao se aplicar anteriormente a semeadura da soja o amonio-glufosinate, até mesmo superior a testemunha capinada (Tabela 6). Esse tratamento ocasionou um acréscimo da produtividade de grãos superior à média dos demais herbicidas em 525,60 kg ha⁻¹ (11,04%), da testemunha infestada em 4.270,94 kg ha⁻¹ (90%) e 278,77 kg ha⁻¹ (5,85%) em relação à testemunha capinada. Ressalta-se que o controle das plantas daninhas se faz necessário para evitar perdas de rendimento da cultura, usando-se herbicidas ou capinas. Esse resultado assemelha-se ao encontrado por Carmo et al. (2023) ao usarem em dessecação o amonio-glufosinate antes da semeadura da soja permitindo controle antecipado das plantas daninha, o que resultou em incremento significativo na produtividade de grãos.

Contudo, a escolha do herbicida precisa ser associada com a seletividade a cultura para evitar injúrias, e ainda que seja eficiente no controle das plantas daninhas. Caso seja usado capinas essas podem danificar as raízes da soja ou ocasionar o rebrote das plantas daninhas, podendo também haver menor produtividade, como o observado neste estudo. Além disso, o uso do método mecânico de controle (capina) em lavouras de soja é oneroso, pouco eficiente e demanda muita mão-de-obra, o que gera elevados custos, se comparado ao método químico de controle (COSTA et al., 2018).

A testemunha infestada (Tabela 6) ocasionou os piores resultados para todos os componentes de rendimentos de grãos da soja, (NVP, NGP, PMG e Produtividade). Observou-se redução média de 88% na produtividade de grãos ao se comparar a testemunha infestada com buva em relação à média dos demais tratamentos. Desse modo, fica evidente que a buva é muito competitiva e precisa ser efetuado o controle para evitar perdas de produtividade de grãos da soja, como também observado por Pretto et al. (2020).

Os resultados demonstram ainda que apenas os tratamentos envolvendo o diquat (T03) e o glyphosate + dicamba (T07) utilizados antecipadamente (Tabela 2) a aplicação em dessecação de diquat + saflufenacil demonstraram que houve perda na produtividade de grãos da soja de 630 e 695 kg ha⁻¹ menores que a média de 4379 kg ha⁻¹ em relação aos demais herbicidas testados no presente estudo, resultando na diferença de 17 e 19%, respectivamente. Os demais tratamentos herbicidas mesmo que estatisticamente demonstrem diferenças em termos de produtividade de grãos os valores são muito próximos, o que pode com determinada cautela e avaliação criteriosa serem opções para uso no manejo da buva resistente ao glyphosate, antes da semeadura da soja com tecnologia Enlist®.

Ao combinar a rotação de herbicidas com a rotação de culturas e o uso de coberturas vegetais, os agricultores podem adotar práticas integradas de manejo, e com isso se ter maior eficiência no controle de plantas daninhas. Isso resulta em menor dependência de herbicidas, em que a rotação de princípios ativos com diferentes modos de ação é essencial para evitar a disseminação da resistência, pois se reduz a pressão de seleção sobre as plantas daninhas e ao mesmo tempo prolonga-se a vida útil das moléculas que se tem disponível no mercado.

4 CONCLUSÕES

O uso de herbicidas antecipadamente à sementeira da soja, em especial a mistura em tanque de amonio-glufosinate + saflufenacil e amonio-glufosinate + dicamba proporciona o melhor controle da buva.

A aplicação de todos os herbicidas antecipadamente a sementeira da soja ou mesmo o uso de 2,4-D colina + glyphosate foram seletivos a cultivar de soja C2531E.

A aplicação de diquat + saflufenacil, dois dias antes da sementeira da soja é uma alternativa importante para auxiliar no controle de buva, ou para que a cultura venha a germinar e emergir no limpo, evitando assim perdas na produtividade de grãos.

A aplicação antecipada de glyphosate + dicamba, amonio-glufosinate + dicamba, saflufenacil + dicamba, glyphosate + 2,4-D amina, diaquat + 2,4-D amina e amonio-glufosinate + 2,4 D amina para a limpeza da soja e em V3 a V4 o uso de 2,4-D colina + glyphosate proporcionaram controle eficiente da buva.

A aplicação antecipadamente à dessecação da soja de diquat + saflufenacil e em pós-emergência da cultura do o 2,4-D colina + glyphosate ocasionou o melhor desempenho nas variáveis fisiológicas da soja.

A maior produtividade de grãos de soja ocorreu ao se aplicar antecipadamente a sementeira o amonio-glufosinate, e em limpeza no estágio V3 a V4 o 2,4-D colina + glyphosate.

A buva quando não manejada com nenhuma forma de controle (químico ou mecânico) ocasiona redução de 88,56% da produtividade de grãos da soja.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F.S. et al. Glyphosate-resistant (GR) soybean and corn in Brazil: past, present, and future. **Advances in Weed Science**, v. 40, e0202200102, 2022.
- AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 30 Jun. 2023.
- AGUIAR, A. C. M. de et al. Selection of indicative species of dicamba residues in soil. **Agrarian**, v. 13, n. 48, p. 187-194, 2020.
- ALBRECHT, P. A.J. et al. Control of *Conyza spp.* with sequential application of glufosinate in soybean pre-sowing. **Ciência Rural**, v. 50, n.9, e20190868, 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.
- BO, A.B. et al. Mechanisms of herbicide resistance in weeds. **Korean Journal of Agricultural Science**, v.44, n.1, p.1-15, 2017.
- CARMO, G. L. et al. Uso de Glufosinato de amônio e diquat em dessecação de campo na cultura de soja. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 4, p.54-63, 2023.
- 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.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira – grãos: safra 2021/2022**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>>. Acesso em: 01 Jun. 2023.
- COSTA, N. V. et al. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n.1, p.25-44. 2018.
- DINIZ, W. et al. Controle de buva em pré-semeadura na cultura da soja em Goiás, Brasil. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, p. 82-91, 2023.
- DUENK, E. et al. Glyphosate-resistant horseweed control in glyphosate/glufosinate/2,4-D-resistant soybean with one- and two-pass herbicide. **Weed technology**, v. 37, n. 1, p. 40–45, 2023.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FOLES, W. C. S. et al. Technologies of resistance to herbicides in soybeans (*Glicine max* L. Merrill): literature review. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 6, p.65-72, 2023.

- GALON, L. et al. Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em soja para o controle de plantas daninhas. **Agrarian**, v. 15, n. 55, e15715, 2022a.
- 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, 2022b.
- HEAP, I. The International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acesso em: 07 maio 2023.
- KASPARY, T. E. et al. Growth, phenology, and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane. **Bragantia**, v.76, n.1, p. 92-101. 2017.
- KÖPPEN W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter & Co, 1931. 388 p.
- MACHINESKI, G. S. et al. Viabilidade técnica e econômica da adição de inibidores da accase e da als ao glyphosate no controle de plantas daninhas e no rendimento de grãos da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 3, p.1-10, 2019.
- MARQUES, R. P. et al. Características da anatomia foliar de espécies de braquiária e sua relação com a sensibilidade a herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n.4, p. 809-816, 2012.
- MAZON, A. S. et al. Enlist volunteer corn affects the crop development and seed quality of Enlist soybean. **Bragantia**, 81, e0122, 2022.
- McCONWN, S. et al. Response of non-dicamba-resistant soybean to dicamba as influenced by growth stage and herbicide rate. **Weed Technology**, v.32, p.513-519, 2018.
- OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P.; VIEIRA, H. D. Controle de *Commelina benghalensis*, *C. erecta* e *Tripogandra diuretica* na cultura do café. **Planta Daninha**, v. 27, n.4, p. 823-830, 2009.
- OLIVEIRA, H. P. et al. Respostas fisiológicas de forrageiras ao déficit hídrico e baixas temperaturas. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.14, n.5, p.7008-7014, 2017.
- PEREIRA, C. S. et al. Controle de plantas daninhas na cultura da soja com aplicação de glifosato por contato com rolo de polyester. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.18, n.4, p.1-8, 2019.
- PIASECKI, C. et al. Glyphosate applied at the early reproductive stage impairs seed production of glyphosate-resistant hairy fleabane. **Planta Daninha**, v.37, e019196815, 2019.
- PRETTO, M. et al. Performance of alone or mixture application of auxinic herbicides in the control of *Conyza* spp. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.7, p.53083-53095, 2020.

- SILVA, P.V. et al. Control strategies for *Conyza spp.* In soybean pre-planting: Single or sequential applications? **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, e10310816995, 2021a.
- 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, 2021b.
- SOLTANI, N. et al. Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in north america. **Weed Technology**, v.31, n.1, p. 148–154, 2017.
- SOUZA, R. G. et al. Desempenho agronômico de soja, sob interferência de plantas infestantes. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 28, n. 2, p. 194-203, 2019.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO- SBCS. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre-RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376 p.
- 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.
- ULZURRUN, P. D. et al. Analysis of the agronomic interest characteristics for the management of *Conyza blakei*, *Conyza bonariensis*, *Conyza sumatrensis*, and *Conyza lorentzii*. **Agrociencia Uruguay**, v.1, n.1, p.1-15, 2020.
- TREZZI, M.M. et al. Impact of *Conyza bonariensis* density and establishment period on soybean grain yield, yield components and economic threshold. **Weed Research**, v.55, n.1, p. 34–41, 2014.
- VELINI, E.D. et al. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. 1995. 42 p.
- ZANDONÁ, R. R. et al. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**, v. 36, p. e018169361, 2018.
- ZIMMER, M. et al. Herbicide programs utilizing halauxifen-methyl for glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) control in soybean. **Weed Technology**, v. 3, n. 6, p. 659-664, 2018.
- WRIGHT, T.R. Robust crop resistance to broadleaf and grass herbicides provided by aryloxyalkanoate dioxygenase transgenes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.107, n.47, p.20240-20245, 2010.