

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS ERECHIM/RS

CURSO DE AGRONOMIA

ÉRICA MARIA HOJNOWSKI

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU
ASSOCIADOS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM TRIGO**

ERECHIM/RS

2024

ÉRICA MARIA HOJNOWSKI

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU
ASSOCIADOS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM TRIGO**

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 título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM/RS

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Hojnowski, Érica Maria
SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM
ISOLADO OU ASSOCIADOS PARA O CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM TRIGO / Érica Maria Hojnowski. -- 2024.
38 f.

Orientador: D. Sc. Leandro Galon

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

1. Lolium multiflorum; Raphanus sativus; R.
Raphanistrum; Triticum aestivum.. I. Galon, Leandro,
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.
Título.

ERICA MARIA HOJNOWSKI

SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU ASSOCIADOS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM TRIGO

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel em Agronomia da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon– UFFS

Orientador

Prof. Dr. Alfredo Castamann-UFFS

Avaliador

Prof^a. Dr^a. Franciele Fátima Fernandes -UFFS

Avaliadora

Erechim/RS,

2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me guiar, iluminar e me dar forças para seguir em frente por toda a minha trajetória acadêmica e pessoal.

Aos meus pais André e Sidiane, por todo apoio, por cada ensinamento, por todo o amor, amparo, incentivo, compreensão e por me ensinarem a lutar sempre pelos meus objetivos e não desistir nunca de meus sonhos.

A minha irmã Emili, por sempre estar disposta a me ajudar e por ter acreditado em mim, me dando suportes e conselhos sempre que preciso.

Ao meu namorado, por sempre estar ao meu lado me dando incentivo, apoio, amor, e principalmente por me incentivar em seguir em frente.

Aos meus avós que ainda estão aqui comigo fisicamente ou somente me guiando para chegar até aqui. A toda a minha família, amigos, enfim a todos que me ajudaram de alguma forma ou outra.

Ao meu orientador e Professor Leandro Galon, por todo auxílio, disponibilidade, dedicação, conselhos e paciência para me orientar e sempre me incentivar em buscar o meu melhor.

A todos os integrantes do grupo de pesquisa MASSA (Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas) que de uma forma ou de outra ajudaram na condução deste trabalho.

E, por fim, agradeço a todos os novos amigos/colegas de profissão que fiz durante toda essa jornada.

SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU ASSOCIADOS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM TRIGO.

RESUMO

O uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo é uma prática corriqueira entre os produtores, em razão da eficácia, rapidez e menor custo quando compara-se com outras formas de manejo. Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas aplicados em isolado ou associados no controle de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo. Os experimentos foram conduzidos a campo, nos anos de 2022 e 2023 em delineamento em blocos casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas testemunhas, sendo uma capinada e outra infestada e pelos herbicidas: terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹), clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹), carfentrazone-ethyl (80 e 120 g ha⁻¹), saflufenacil (28 g ha⁻¹), 2,4-D amina (670 g ha⁻¹), terbuthylazine + clodinafop-propargyl (500 + 96 e 750 + 96 g ha⁻¹), piraflufen-ethyl + clodinafop-propargyl (3,75 + 96 e 5 + 96 g ha⁻¹). As avaliações de fitotoxicidade e o controle das plantas daninhas foram efetuadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). As características fisiológicas, concentração de CO₂ sub-estomática (Ci - μmol mol⁻¹), condutância estomática de vapores de água (Gs – mol m⁻¹ s⁻¹), taxa fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹), taxa de transpiração (E – mol H₂O m⁻² s⁻¹), eficiência da carboxilação (EC – mol CO₂ m⁻¹ s⁻¹) e a eficiência do uso da água (EUA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹) da cultura foram avaliadas aos 21 DAT. Na pré-colheita foi avaliado número de espigas por área, número de grãos cheios e estéreis por espigas e o comprimento das espigas. Na colheita determinou-se ainda o peso hectolitro, massa de mil grãos e produtividade de grãos. O melhor desempenho fisiológico das plantas de trigo foi obtido ao se aplicar terbuthylazine (750 g ha⁻¹), carfentrazone-ethyl (80 g ha⁻¹), 2,4-D e terbuthylazine+clodinafop-propargyl (750+96 g ha⁻¹). Os herbicidas que causaram as maiores fitotoxicidades à cultivar de trigo Audaz foram terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹)+Dash, o carfentrazone-ethyl (120 g ha⁻¹), saflufenacil e o piraflufen-ethyl (3,75 e 5 g ha⁻¹)+clodinafop-propargyl. O melhor desempenho fisiológico das plantas de trigo foi obtido ao se aplicar terbuthylazine (750 g ha⁻¹), carfentrazone (80 g ha⁻¹), 2,4-D amina e terbuthylazine+clodinafop-propargyl (750+96 g ha⁻¹). Os herbicidas terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹) e piraflufen (3,75 e 5 g ha⁻¹) associados ao clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹) apresentaram os melhores controles de nabo e azevém e o melhor desempenho nos componentes de rendimentos de grãos, especialmente em relação a produtividade da cultivar de trigo TBIO Audaz. Caso não seja adotado nenhum método de controle do nabo e do azevém infestante do trigo ocorre perda

média de grãos de 91,04%.

Palavras-chave: *Lolium multiflorum*; *Raphanus sativus*; *R. Raphanistrum*; *Triticum aestivum*.

SELECTIVITY AND EFFICACY OF HERBICIDES APPLIED IN ISOLATION OR ASSOCIATED FOR WEED CONTROL IN WHEAT.

ABSTRACT

The use of herbicides to control weeds in wheat crops is a common practice among producers, due to its effectiveness, speed and lower cost when compared to other forms of management. Therefore, the objective of this study was to evaluate the selectivity and effectiveness of herbicides applied alone or in combination in the control of weeds in wheat crops. The experiments were conducted in the field, in 2022 and 2023 in a randomized block design, with four replications. The treatments consisted of two controls, one weeded and the other infested, and the following herbicides: terbuthylazine (500 and 750 g ha⁻¹), clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹), carfentrazone-ethyl (80 and 120 g ha⁻¹), saflufenacil (28 g ha⁻¹), 2,4-D amine (670 g ha⁻¹), terbuthylazine + clodinafop-propargyl (500 + 96 and 750 + 96 g ha⁻¹), piraflufen-ethyl + clodinafop-propargyl (3.75 + 96 and 5 + 96 g ha⁻¹). Phytotoxicity and weed control evaluations were carried out at 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after treatment application (DAT). The physiological characteristics, substomatal CO₂ concentration (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), stomatal water vapor conductance (G_s - $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), photosynthetic rate (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiration rate (E - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), carboxylation efficiency (EC - $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$) and water use efficiency (WUE - $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) of the crop were evaluated at 21 DAT. At pre-harvest, the number of spikes per area, number of full and sterile grains per spike and spike length were evaluated. At harvest, the hectoliter weight, thousand-grain weight and grain yield were also determined. The best productivity was achieved with the weeded control, terbuthylazine (750 g ha⁻¹) + clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹). The loss in wheat grain yield is considerably higher if no weed control method is adopted. The best physiological performance of wheat plants was obtained by applying terbuthylazine (750 g ha⁻¹), carfentrazone-ethyl (80 g ha⁻¹), 2,4-D and terbuthylazine+clodinafop-propargyl (750+96 g ha⁻¹). The herbicides that caused the greatest phytotoxicities to the wheat cultivar Audaz were terbuthylazine (500 and 750 g ha⁻¹)+Dash, carfentrazone-ethyl (120 g ha⁻¹), saflufenacil and pyraflufen-ethyl (3.75 and 5 g ha⁻¹)+clodinafop-propargyl. The best physiological performance of wheat plants was obtained by applying terbuthylazine (750 g ha⁻¹), carfentrazone (80 g ha⁻¹), 2,4-D amine and terbuthylazine+clodinafop-propargyl (750+96 g ha⁻¹). The herbicides terbuthylazine (500 and 750 g ha⁻¹) and pyraflufen (3.75 and 5 g ha⁻¹) associated with clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹) showed the best turnip and ryegrass controls and the best performance in the grain yield

components, especially in relation to the yield of the wheat cultivar TBIO Audaz. If no method of controlling turnip and wheat ryegrass is adopted, there is an average grain loss of 91.04%.

Keywords: *Lolium multiflorum*; Weed plant; Pesticide; *R. sativas*; *R. Raphanistrum*; *Triticum Aestivum*.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Tratamentos utilizados nos experimentos de seletividade e eficácia em pós-emergência da cultivar de trigo TBIO Audaz, respectivas doses e adjuvante, nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS/Erechim/RS. 15
- Tabela 2.** Condições meteorológicas registradas no momento da aplicação dos tratamentos, nos experimentos de seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em trigo nos anos de 2021/22 e 2022/23. UFFS/Erechim/RS, 2024. 15
- Tabela 3.** Ano de cultivo, estágio e densidades média de plantas da cultura e das plantas daninhas para os experimentos de seletividade e de eficácia no momento de aplicação dos herbicidas. 16
- Tabela 4.** Fitotoxicidade (%) de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultivar de trigo TBIO Audaz, nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS. 19
- Tabela 5.** Concentração interna de CO₂ (C_i, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (G_S, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (EC) e eficiência de uso da água (EUA) em plantas da cultivar de trigo TBIO Audaz BRS em função da aplicação de herbicidas, nos cultivos de 2022 e 2023. 20
- Tabela 6.** Número de plantas (NPM – m), número de espigas (NES – m²), comprimento de espigas (COE - cm) e número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS. 21
- Tabela 7.** Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl⁻¹), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS. 23
- Tabela 8.** Controle de nabo (*Raphanus sativus*)(%) infestante da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS. 24
- Tabela 9.** Controle de azevém (*Lolium multiflorum*) (%) infestante da cultivar de trigo TBIO Audaz, em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS. 26
- Tabela 10.** Número de plantas (NPM - m), comprimento de espigas (COE - cm), número de espigas (NES – m²) e Número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO

Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS. 27

Tabela 11. Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl⁻¹), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período de condução dos experimentos de junho de 2022 a novembro de 2023. 14

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
3.1 EXPERIMENTO 1 - Seletividade de herbicidas aplicados na cultivar de trigo TBIO Audaz.....	20
3.2 EXPERIMENTO 2 – Eficácia de herbicidas aplicados em trigo para o controle de nabo e azevém	26
4. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea que pertence à Família Poaceae/Gramineae que é semeado no inverno na região Sul do Brasil, sendo uma importante cultura destinada à alimentação humana ou até mesmo animal em todo o mundo. A produção mundial de trigo na safra 2023/24 foi estimada em 800,1 milhões de toneladas (USDA, 2024).

A produtividade do trigo pode ser influenciada por alguns fatores, como por exemplo, a cultivar escolhida para a semeadura, a quantidade de nutrientes que estão disponíveis para a cultura, o nível tecnológico adotado, as condições ambientais e também a interferência ocasionada pelas plantas daninhas (VAN DER MEULEN; CHAUHAN, 2017; LANZANOVA et al., 2023).

As plantas daninhas são mais rústicas do que as culturas de interesse agrícola, o que facilita o processo de adaptação às perturbações ambientais causadas pelo homem ou pela natureza (SALOMÃO et al., 2020). Dentre as espécies de plantas daninhas que podem infestar o trigo, destacam-se o azevém (*Lolium multiflorum*) e o nabo/nabiça (*Raphanus raphanistrum* e *R. sativus*) como as com maior dificuldade de se controlar na atualidade, principalmente por serem resistentes a vários herbicidas o que leva a se ter elevadas perdas da cultura (TAVARES et al., 2019).

Entre as consequências causadas pelas plantas daninhas, destaca-se a competição que essas ocasionam às culturas, pelos recursos do meio como: luz, água e nutrientes, ou pela liberação de substâncias alelopáticas que causam efeitos negativos as espécies cultivadas, ou até mesmo por servirem de hospedeiras de pragas que afetam o crescimento e o desenvolvimento das culturas. O nabo e o azevém ao infestarem o trigo podem reduzir de 18 até 82% a produtividade de grãos da cultura (LAMEGO et al., 2013; GALON et al., 2019; BARROS; CALADO, 2020).

Entre os principais métodos utilizados para o controle de plantas daninhas infestantes do trigo destaca-se o químico por meio de herbicidas, em virtude de sua eficácia, rapidez e menor custo ao se comparar com outras formas de controle (PIASECKI et al., 2017; BALEM et al., 2021). No entanto o azevém e o nabo/nabiça apresentam resistência aos principais herbicidas utilizados para seu controle em trigo, como os inibidores das enzimas, acetolactato síntase (ALS), acetil CoA carboxilase (ACCase) e enolpiruvil shikimate fosfato sintase (EPSPs) (HEAP, 2024). Os herbicidas inibidores da ACCase e da ALS, atualmente são os que mais apresentam biótipos de plantas daninhas resistentes (SALOMÃO et al., 2020), e com isso gera-se uma preocupação com a utilização desses produtos para o controle químico.

As plantas daninhas resistentes aos herbicidas tornam-se um problema de grande importância para a agricultura em razão da dificuldade de controle e aos prejuízos que as mesmas causam em relação ao desenvolvimento e a produtividade dos grãos de trigo havendo a necessidade na atualidade de se efetuar misturas em tanque de produtos que apresentem eficácia.

As plantas daninhas tornam-se resistentes por mutação natural e por pressão de seleção. A mutação natural tem uma probabilidade de ocorrência pequena e pode ocorrer no local de ação do herbicida. Já, a pressão de seleção é desencadeada mais rapidamente como consequência principalmente da utilização frequente e contínua de herbicidas que apresentam mesmos mecanismos de ação, sem realizar outros métodos de manejo como a rotação de culturas ou de diferentes mecanismos de ação (PIASECKI et al., 2017; WALSH, 2019).

A mistura de herbicida em tanque é prática comum e frequente na agricultura, por apresentar as vantagens como; redução do número de aplicações, economia de tempo e custos operacionais, redução do amassamento, além de potencializar o efeito dos produtos aplicados, especialmente quando se busca controle mais abrangente de diferentes tipos de pragas (MECHI et al., 2018; DE SOUSA et al., 2023). Porém, para se realizar essa prática se faz necessário conhecimento aprofundado dos produtos, visto que nem todos os herbicidas são compatíveis entre si ao se efetuar misturas em tanque (FURQUIM et al., 2019; DE SOUSA et al., 2023).

As misturas podem resultar em efeitos, sinérgico (quando associados os produtos apresentam resultados melhores do que individualmente), aditivo (quando misturados possuem um maior aspecto de controle ou maior eficácia) ou antagônico (quando misturadas em tanque não exercem o efeito esperado tendo menor eficiência) em relação ao efeito de cada produto fitossanitário quando utilizado isoladamente (GAZZIERO, 2015).

Diante desse cenário e da escassez de herbicidas para utilização no controle de azevém e do nabo/nabiça em trigo torna-se importante testar novas moléculas, mesmo que não sejam registradas à cultura. Desse modo é possível avaliar a eficiência de controle das plantas daninhas, bem como a seletividade dos produtos ao trigo ou mesmo a possibilidade de usar esses no manejo de espécies resistentes, como o azevém e o nabo/nabiça aplicadas para esse fim (PIASECKI et al., 2017; WALSH, 2019).

Para que um herbicida seja recomendado para aplicação em uma cultura há necessidade de ser seletivo, ou seja, que a cultura consiga metabolizar sem que o mesmo cause danos e que apresente eficiência de controle de uma determinada planta daninha (CARVALHO et al., 2009; COLOMBO et al., 2022). Os herbicidas não seletivos, ao serem aplicados em plantas, podem causar impactos significativos na fisiologia, metabolismo e componentes de rendimento das

culturas (AGOSTINETTO et al., 2016). Na fisiologia das plantas, eles podem interferir em processos essenciais, como na fotossíntese, respiração e translocação de nutrientes (BARI et al., 2020). No metabolismo, podem interromper nas vias bioquímicas, como a síntese de aminoácidos, ácidos graxos e clorofila (TAMAGNO et al., 2022). Em termos de componentes de rendimento de grãos podem reduzir a formação de flores, frutos e sementes, comprometendo diretamente a produtividade das culturas ou até mesmo a qualidade do produto colhido (BARI et al., 2020).

A hipótese do presente estudo é que o uso de novos herbicidas aplicados em isolado ou misturados no tanque do pulverizador demonstram seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas infestantes da cultura trigo. Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas aplicados em isolado ou associados no controle de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

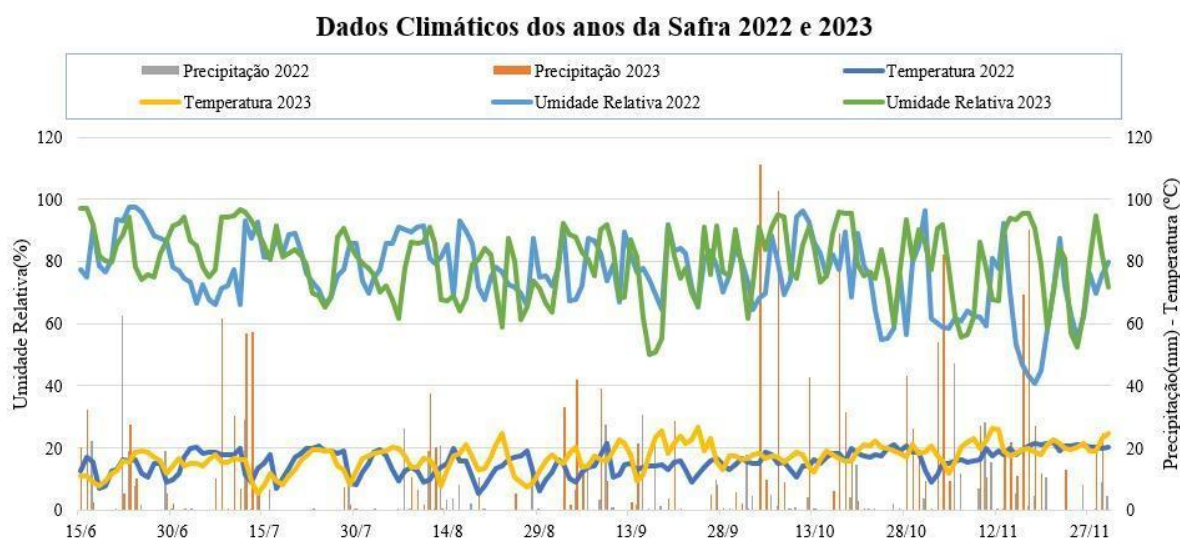
Foram conduzidos quatro experimentos a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, nas coordenadas geográficas, 27,725269° S, 52,294485° W e altitude de 650 m, nos anos de 2022 e 2023. Em ambas as safras, foram realizados experimentos de seletividade e eficácia com o objetivo de avaliar a seletividade dos herbicidas ao trigo, bem como a eficácia de controle das plantas daninhas nabo/nabiça (*Raphanus sativus* ou *R. raphanistrum*) e azevém (*Lolium multiflorum*) infestantes do trigo. Os experimentos foram conduzidos por dois anos para se gerar resultados mais confiáveis e precisos.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (SANTOS et al., 2018), sendo a correção do pH e a adubação do mesmo realizadas de acordo com a análise físico-química seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura do trigo (CQFS-RS/SC, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 5,6; MO = 3,2%; P= 9,7 mg dm⁻³; K= 134,4 mg dm⁻³; Al³⁺=0,0 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺= 6,7 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺= 3,1 cmol_c dm⁻³; CTC(t)= 10,2 cmol_c dm⁻³; CTC (pH=7,0) =14,6 cmol_c dm⁻³; H+Al= 4,5 cmol_c dm⁻³; SB= 69,5% e Argila= 60%.

As condições climáticas de precipitação(mm), temperatura média (°C) e a umidade relativa do ar (%) ocorridas durante o período de condução dos experimentos podem ser observadas na Figura 1.

Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 5,00 x 2,72 m, totalizando uma área de 13,60 m², contendo 16 linhas de semeadura espaçadas em 0,17 m. A área útil das parcelas correspondeu a 6,12 m² (3,00 x 2,04 m), sendo colhidas as 12 linhas centrais de trigo, descartando-se 2 linhas como bordaduras laterais e 1 m no início e no final de cada unidade experimental para a coleta de dados.

Figura 1 - Precipitação (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período de condução dos experimentos de junho de 2022 a novembro de 2023.



Fonte: INMET (2024).

A semeadura dos experimentos nos anos de 2022 e 2023 ocorreram em 20/06, tanto para os ensaios de seletividade quanto de eficácia, utilizando-se a cultivar de trigo, TBIO Audaz através de semeadora/adubadora. A densidade média de sementes foi de 85 sementes por metro, nos experimentos de 2022 e 2023. Para adubação de base foram utilizados 300 e 200 kg ha⁻¹ da fórmula 05-30-15 (N-P-K), para o ano de 2022 e 2023, respectivamente. E em cobertura aplicou-se 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia, dividindo-se em duas épocas, a primeira na fase de perfilhamento e a segunda na fase no início do alongamento, para os experimentos cultivados nos dois anos.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada com a utilização de um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 110.02, mantendo-se a pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento de 3,6 km h⁻¹, o que proporcionou a vazão de 150 L ha⁻¹ de calda de herbicida para todos os experimentos.

Os tratamentos utilizados nos experimentos encontram-se dispostos na Tabela 1. Alguns dos herbicidas testados não apresentam registro para serem aplicados em trigo, no entanto usou-se os mesmos como uma provável alternativa para o controle químico de plantas daninhas, especialmente o azevém e o nabo. As condições ambientais aferidas no momento da aplicação dos tratamentos em pós-emergência (20/07/2022 e 17/07/2023) da cultura e das plantas daninhas estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos experimentos de seletividade e eficácia em pós-emergência da cultivar de trigo TBIO Audaz, respectivas doses e adjuvante, nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS/Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Produto Comercial	Dose (L/kg ha ⁻¹)	Adjuvante (0,5% v/v)
Testemunha capinada	----	----	----	----
Testemunha infestada	----	----	----	----
Terbuthylazine	500,00	Click	1,00	----
Terbuthylazine	750,00	Click	1,50	----
Terbuthylazine	500,00	Click	1,00	Dash
Terbuthylazine	750,00	Click	1,50	Dash
Carfentrazone-ethyl	80,00	Aurora [®] 400 EC	0,20	Dash
Carfentrazone-ethyl	120,00	Aurora [®] 400 EC	0,30	Dash
2,4-D amina	670,00	2,4-D Nortox	1,00	----
Saflufenacil	28,00	Heat [®]	0,040	Dash
Clodinafop-propargyl	96,00	Topik [®] 240 EC	0,400	Assist
Terbuthylazine+clodinafop	500,00+96,00	Click+Topik [®] 240 EC	1,00+0,40	Dash
Terbuthylazine+clodinafop	750,00+96,00	Click+Topik [®] 240 EC	1,50+0,40	Dash
Pirafufen+clodinafop	3,75+96,00	Et-Part +Topik [®] 240 EC	0,15+0,40	Dash
Pirafufen+clodinafop	5,00+ 96,00	Et-Part +Topik [®] 240 EC	0,20+0,40	Dash

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Os estádios de desenvolvimento do trigo e das plantas daninhas, bem como a densidade média que as mesmas se encontravam no momento de aplicação dos herbicidas estão descritos na Tabela 3.

Tabela 2. Condições meteorológicas registradas no momento da aplicação dos tratamentos, nos experimentos de seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em trigo nos anos de 2021/22 e 2022/23. UFFS/Erechim/RS, 2024.

Safras agrícolas	Luminosidade (%)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura do solo (°C)	Velocidade do vento (km h ⁻¹)	Condições do solo	Umidade relativa do ar (%)
Ensaio de eficácia						
2021/22	100	21,5	21,0	3,0 a 5,0	Úmido	88,0
2022/23	100	14,0	25,0	3,0 a 5,0	Úmido	58,0
Ensaio de seletividade						
2021/22	100	21,5	21,0	3,0	Úmido	88,0
2022/23	100	14,0	25,0	3,0-5,0	Úmido	58,0

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

A densidade das plantas daninhas presentes na área experimental era proveniente do banco de sementes do solo, sendo aferidas no centro das testemunhas infestadas utilizando-se para isso um quadrado de PVC com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²), estando esses dados dispostos na Tabela 3. As variáveis avaliadas nos experimentos foram fitotoxicidade a cultivar de trigo TBIO Audaz, trocas de gases, controle das plantas daninhas nabo e azevém, o número de espigas por área (m²), comprimento de espigas (cm), números de grãos cheios e estéreis, peso de mil grãos (g), peso hectolitro (kg hl⁻¹) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Tabela 3. Ano de cultivo, estágio e densidades média de plantas da cultura e das plantas daninhas para os experimentos de seletividade e de eficácia no momento de aplicação dos herbicidas.

Ano de cultivo	Estádio do trigo (perfilhos)	Densidade de plantas de trigo	Estádio do nabo e do azevém		Densidades das plantas daninhas	
			N. folhas de nabo	N. folhas/perfilhos de azevém	Nabo (plantas m ⁻²)	Azevém (plantas m ⁻²)
2022	1 a 2	65	2 a 6	2 a 2	55	100
2023	1 a 2	63	2 a 4	3 a 1	133	287

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

As avaliações de fitotoxicidade e de controle foram efetuadas de forma visual aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Tanto para a fitotoxicidade como ao controle foram atribuídas notas percentuais, onde zero (0%) correspondeu aos tratamentos com ausência de injúrias sobre o trigo ou de eficácia em nabo e azevém, e o cem (100%) coincidindo com a morte das plantas, conforme a metodologia proposta pela SBCPD (1995).

Aos 21 DAT foram aferidas as variáveis referentes à fisiologia das plantas de trigo, tais como: concentração de CO₂ (C_i - μmol mol⁻¹), condutância estomática de vapores de água (G_s – mol m⁻¹s⁻¹), taxa de transpiração (E – mol H₂O m⁻²s⁻¹) e taxa fotossintética (A - μmol m²s⁻¹). A eficiência da carboxilação (EC – mol CO₂ m⁻² s⁻¹) e a eficiência do uso da água (EUA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/C_i e A/E, respectivamente. As trocas gasosas foram aferidas na última folha totalmente expandida do trigo, utilizado para isso um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). As avaliações foram feitas entre 8 e 11 horas da manhã, de forma que se mantivessem as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Na pré-colheita da cultura do trigo foi avaliado o número de espigas por área (m²), número de grãos cheios e estéreis por espigas e o comprimento das espigas. O número de

espigas foi aferido no centro de cada unidade experimental utilizando um quadrado de PVC com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²). Coletou-se 10 espigas de modo aleatório em cada unidade experimental para determinar por contagens o número de grãos cheios e de grãos estéreis. E com o uso de uma régua graduada em cm foi determinado o comprimento das espigas de trigo.

Após a colheita manual e trilha do trigo em área de 6,12 m², foi determinado o peso hectolitro - PH (kg hl⁻¹), a massa de mil grãos (g) e a produtividade de grãos (kg ha⁻¹). A determinação do PH foi efetuada com balança da marca Dalle Molle, modelo 40. A massa de mil grãos foi aferida por contagem de oito amostras de 100 grãos cada e posteriormente pesadas em balança analítica. Após foi estimada a produtividade de grãos e extrapola a kg ha⁻¹. Para as análises a umidade dos grãos foi ajustada para o teor de 13%.

Os dados foram analisados conjuntamente, ou seja, os dois anos de cultivo foram agrupados visando diluir o efeito do ano nos resultados experimentais, submetidos aos testes de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Teste de Hartley) das variâncias e, após a comprovação da 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 DISCUSSÕES

3.1 EXPERIMENTO 1 - Seletividade de herbicidas aplicados na cultivar de trigo TBIO Audaz

Observou-se que os herbicidas que apresentaram as maiores fitotoxicidades a cultivar de trigo TBIO Audaz foram as aplicações em isolado de terbutylazine (750 g ha⁻¹) + Dash (0,5% v/v), carfentrazone-ethyl (80 e 120 g ha⁻¹), saflufenacil (28 g ha⁻¹) e o uso em mistura no tanque do pulverizador de piraflufen-ethyl (3,75 e 5 g ha⁻¹) associado ao clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹), dos 7 aos 35 DAT – dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 4). Aos 42 DAT somente a aplicação em isolado de terbutylazine (500 e 750 g ha⁻¹) + Dash (0,5% v/v) foram os produtos que demonstraram as maiores fitotoxicidades ao trigo ao se comparar com os demais tratamentos. A fitotoxicidade causada às plantas por estes herbicidas podem ser decorrentes da não metabolização dos produtos ou devido aos fatores físico-químicos relacionados às próprias moléculas, dose e época de aplicação (RAJ et al., 2020; CORREIA; CARVALHO, 2021).

Os resultados demonstram que o uso de terbuthylazine (500 g ha⁻¹), 2,4-D amina e clodinafop-propargyl apresentaram os menores sintomas de fitotoxicidade dos 7 aos 42 DAT, inclusive esses tratamentos igualaram-se a testemunha capinada em todas as avaliações (Tabela 4). Os demais tratamentos aplicados ao trigo demonstraram fitotoxicidade que ficaram a patamares intermediários entre aqueles que apresentaram as maiores injúrias e as menores. No estudo de Agostinetto et al. (2016), assim como nesse experimento, pode ser observada a redução da fitotoxicidade com o passar do tempo, quando aplicado o herbicida 2,4-D e outros na cultura do trigo. Galon et al. (2021) também descrevem ao utilizarem o herbicida clodinafop-propargyl que índices menores a 8% de fitotoxicidade ao trigo, são considerados baixos, assemelhando-se aos resultados observados na presente pesquisa.

Tabela 4. Fitotoxicidade (%) de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultivar de trigo TBIO Audaz, nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Fitotoxicidade a cultivar de trigo TBIO Audaz (%)					
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT	42 DAT
Testemunha capinada	---	0,00 d ²	0,00 d	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 c
Terbuthylazine	500	5,00 d	4,16 d	4,54 b	3,33 b	3,00 b	3,33 c
Terbuthylazine	750	9,50 c	5,62 c	5,25 b	4,75 b	4,25 a	6,25 b
Terbuthylazine ³	500	9,13 c	6,38 c	6,38 b	6,13 a	6,13 a	10,00 a
Terbuthylazine ³	750	13,88 b	12,88 b	9,50 a	8,88 a	8,50 a	7,50 a
Carfentrazone-ethyl ³	80	18,50 a	14,00 b	10,88 a	7,38 a	5,00 a	2,50 c
Carfentrazone-ethyl ³	120	24,63 a	19,88 a	13,25 a	9,63 a	7,25 a	4,63 b
2,4-D amina	670	3,88 d	2,88 d	2,88 b	1,25 b	1,25 b	1,25 c
Saflufenacil ³	28	20,00 a	13,75 b	11,25 a	6,88 a	4,38 a	2,25 c
Clodinafop-propargyl ⁴	96	4,75d	3,88 d	3,25 b	1,88 b	1,25 b	0,63 c
Terbuthylazine+clodinafop ³	500+96	9,63 c	8,63 c	6,13 b	5,75 a	5,75 a	5,00 b
Terbuthylazine+clodinafop ³	750+96	10,75 c	10,00 c	6,38 b	5,00 b	4,25 a	2,63 c
Pirafufen+clodinafop ³	3,75+96	19,00 a	16,50 a	13,50 a	9,00 a	8,65 a	2,50 c
Pirafufen+clodinafop ³	5,00+96	20,75 a	17,00 a	15,75 a	10,00 a	7,00 a	2,50 c
Média Geral	---	11,50	9,14	7,25	5,41	4,53	3,73
C.V. (%)	---	40,72	50,62	67,48	73,16	77,68	86,20

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05. ^{3 e 4} Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Os resultados demonstram que apesar de alguns tratamentos terem apresentado elevadas fitotoxicidades, ao se comparar os produtos aplicados com a testemunha capinada, foi observado que os maiores índices ocorreram, principalmente nas duas primeiras avaliações (7 e 14 DAT). Com o passar do tempo os sintomas foram diminuindo, chegando aos 42 DAT com valores inferiores a 10%, ocorrendo redução dos índices médios de fitotoxicidade provocada pelos herbicidas com o crescimento e desenvolvimento da cultura (Tabela 4). Elattar et al. (2018) relatam que a fitotoxicidade ocasionada pelo uso de herbicidas em trigo entre 12,5 a 15% é considerada leve, onde a cultura consegue se recuperar dos efeitos provocados pelos

produtos. Este fato sugere que o trigo apresenta capacidade de metabolizar alguns dos sintomas de danos causados pelos herbicidas ao longo do tempo (PIASECKI et al., 2017). No trigo e na cevada, alguns herbicidas são metabolizados através da hidroxilação acelerada pela glicose ou através da absorção e translocação limitada ou diferencial no floema e no xilema, com diferenças na hidroxilação do anel aromático, eficiência metabólica da P450, desintoxicação e sensibilidade diferencial da planta aos produtos aplicados (DEBOER et al., 2011; MITHILA et al., 2011; PIASECKI et al., 2017).

Aos 21 DAT avaliou-se as respostas fisiológicas do trigo pela aplicação dos herbicidas (Tabela 5). Os resultados demonstram que a testemunha capinada, terbutylazine (500 e 750 g ha⁻¹), carfentrazone-ethyl (80 g ha⁻¹), 2,4-D amina e terbutylazine+clodinafop-propargil (750+96 g ha⁻¹) apresentaram, no geral, o melhor desempenho fisiológico (concentração interna de CO₂, taxa de transpiração, condutância estomática, taxa fotossintética, uso eficiente da água e eficiência de carboxilação), ao se comparar com todos os demais tratamentos aplicados ao trigo. Os demais tratamentos apresentaram resultados inferiores com efeito negativo dos herbicidas na fisiologia das plantas de trigo. As reduções nos parâmetros fotossintéticos referem-se ao estresse oxidativo que o herbicida ocasionou a cultura (AGOSTINETTO et al., 2016). Sabe-se que existe uma relação entre a taxa fotossintética e a toxicidade do herbicida, em consequência desse fato, quando há redução na fixação de CO₂ ocorre uma interferência no desenvolvimento da cultura e na produtividade (SU et al., 2018).

De acordo com Wang et al. (2021), a frequência de abertura e fechamento dos estômatos é chamada de condutância estomática (GS), este é considerado um parâmetro chave na modulação da taxa de transpiração. Com a abertura dos estômatos, aumenta a condutância estomática, possibilitando um incremento na taxa de transpiração e uma maior dissipação de calor através da evaporação da água. De outra forma, com o fechamento estomático ocorre a redução da condutância estomática, por sua vez baixando a taxa de transpiração e o consumo hídrico da planta, esse fato pode estar associado à perturbação do solo onde a evapotranspiração da cultura aumenta. Também pode se dizer que o fechamento estomático é uma das primeiras respostas ao estresse realizado pelas plantas tendo como objetivo diminuir a perda de água por transpiração. No entanto, as trocas gasosas nas plantas também são realizadas via estômatos e ao induzir o fechamento estomático para minimizar a evapotranspiração, a assimilação de CO₂ também é reduzida (CRUZ et al., 2023).

Tabela 5. Concentração interna de CO₂ (Ci, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (GS, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (EC) e eficiência de uso da água (EUA) em plantas da cultivar de trigo TBIO Audaz BRS em função da aplicação de herbicidas, nos cultivos de 2022 e 2023.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Características fisiológicas do trigo					
		Ci	GS	E	A	EC	EUA
Testemunha capinada	---	257,33 c ¹	0,28 b	1,61 b	18,57 a	0,07 a	11,57 b
Terbuthylazine	500	231,00 d	0,20 c	1,56 b	16,21 b	0,07 a	10,88 b
Terbuthylazine	750	281,33 b	0,27 b	1,28 c	16,86 a	0,06 b	13,50 a
Terbuthylazine ²	500	275,65 b	0,29 b	2,04 a	15,96 b	0,05 c	7,76 c
Terbuthylazine ²	750	294,65 a	0,30 b	1,82 a	14,66 b	0,05 c	8,11 c
Carfentrazone-ethyl ²	80	249,33 c	0,42 a	2,03 a	19,51 a	0,08 a	10,07 b
Carfentrazone-ethyl ²	120	307,33 a	0,28 b	1,98 a	15,29 b	0,05 c	7,73 c
2,4-D amina	670	284,33 b	0,28 b	1,60 b	18,55 a	0,06 b	12,12 a
Saflufenacil ²	28	286,33 b	0,29 b	1,63 b	14,52 b	0,05 c	9,08 c
Clodinafop-propargyl ³	96	277,65 b	0,28 b	1,65 b	17,73 a	0,06 b	10,83 b
Terbuthylazine+clodinafop ²	500+96	289,33 b	0,37 a	1,83 a	15,41 b	0,05 c	8,42 c
Terbuthylazine+clodinafop ²	750+96	264,65 c	0,34 a	1,85 a	18,36 a	0,07 a	10,11 b
Pirafufen+clodinafop ²	3,75+96	281,33 b	0,21 c	1,72 b	11,68 c	0,04 c	6,95 c
Pirafufen+clodinafop ²	5,00+96	274,50 b	0,37 a	1,99 a	18,51 a	0,06 b	9,27 c
Média Geral	---	275,14	0,30	1,75	16,67	0,06	9,87
CV (%)	---	6,52	23,04	14,50	12,88	15,84	18,67

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$. ^{2 e 3} Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Em relação a todos os componentes de rendimento de grãos do trigo (número de plantas por metro, número de espigas, comprimento de espigas, número de grãos cheios e estéreis, peso hectolitro, massa de mil grãos e produtividade de grãos) a testemunha capinada e a aplicação de terbuthylazine + clodinafop-propargil (750 + 96 g ha⁻¹) foram os tratamentos que se destacaram com melhor desempenho, em relação aos demais (Tabelas 6 e 7). Isto decorreu pelo motivo de que a cultura teve a capacidade de reverter as injúrias causadas pelos herbicidas, sem afetar negativamente a produtividade. As plantas quando sofrem fitotoxicidade desenvolve mecanismos de defesa, ocorrendo assim maiores gastos de energia para que consiga metabolizar o herbicida, havendo a emissão de novas folhas, livres de sintomas de danos (AGOSTINETTO et al., 2016; RAJ et al., 2020; TAMAGNO et al., 2022). Alguns autores observaram que os componentes do rendimento de grãos do trigo podem ser influenciados positivamente ou negativamente pela aplicação de herbicidas, sendo que isso se deve principalmente às características genéticas das cultivares que apresentam diferenças quanto a seletividade aos produtos utilizados (GALON et al., 2015; BARI et al., 2020; ZAKARIYYA et al., 2022).

Bari et al., (2020) ao avaliarem o uso de herbicidas em trigo verificaram que a massa de mil grãos (MMG) não demonstrou variação significativa pela aplicação dos herbicidas. Esses autores observaram que a maior MMG foi obtida com o método de capina manual, condizendo

com o verificado no presente estudo ao se avaliar a MMG na testemunha capinada. Ainda, nos estudos realizado por Balem et al. (2021) ao avaliarem a MMG em trigo, após ser aplicado alguns herbicidas, dentre eles o clodinafop-propargil que apresentou a melhor resposta a variável, chegando a igualar-se estatisticamente à testemunha capinada. Carvalho et al. (2009) descrevem que quando existe quantidade grande de um herbicida avalia-se o impedimento do funcionamento da enzima ALS e injúrias no trigo, consequentemente, haverá perda da MMG e da produtividade de grãos

Tabela 6. Número de plantas (NPM – m), número de espigas (NES – m²), comprimento de espigas (COE - cm) e número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NPM	NES	COE	NGH
Testemunha capinada	---	74,33 a	404,65 a	7,20 b	32,88 a
Terbuthylazine	500	48,75 b	204,21 b	7,48 a	25,09 c
Terbuthylazine	750	52,75 b	311,36 a	7,23 b	31,49 a
Terbuthylazine ²	500	51,75 b	249,38 b	7,70 a	31,48 a
Terbuthylazine ²	750	63,63 a	252,54 b	7,91 a	32,00 a
Carfentrazone-ethyl ²	80	50,75 b	243,50 b	7,27 b	28,75 b
Carfentrazone-ethyl ²	120	53,20 b	265,92 b	7,15 b	32,25 a
2,4-D amina	670	48,38 b	206,88 b	7,66 a	30,52 b
Saflufenacil ²	28	34,33 c	189,50 b	5,38 b	33,11 a
Clodinafop-propargyl ³	96	54,50 b	277,00 b	7,50 a	30,73 b
Terbuthylazine+clodinafop-propargyl ³	500+96	68,58 a	321,50 a	7,58 a	30,25 b
Terbuthylazine+clodinafop-propargyl ³	750+96	67,70 a	380,75 a	7,86 a	34,53 a
Pirafufen-ethyl+clodinafop-propargyl ³	3,75+96	59,65 a	275,00 b	7,20 b	34,73 a
Pirafufen-ethyl+clodinafop-propargyl ³	5,00+96	55,65 b	314,67 a	7,55 a	29,53 b
Média Geral	---		277,08	7,46	31,17
C.V(%)	---		31,72	6,75	10,17

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05. ^{2 e 3} Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Os demais tratamentos avaliados apesar de para algumas variáveis relacionadas aos componentes de rendimento de grãos, demonstraram efeito positivo, apresentaram sempre menor produtividade de grãos do trigo, com redução de 35,46 e 34,32% ao se comparar a testemunha capinada e aplicação de terbuthylazine + clodinafop-propargil (750 + 96 g ha⁻¹) com a média dos demais produtos usados (Tabela 7). Estes resultados que demonstram alta produtividade próxima ao observado na testemunha capinada pode estar diretamente relacionado à baixa fitotoxicidade que os herbicidas terbuthylazine + clodinafop-propargil (750 + 96 g ha⁻¹) causaram ao trigo, melhorando o controle de plantas daninhas e proporcionando a

cultura expressar seu potencial produtivo. Quando há seletividade e controle adequado de plantas daninhas, a produtividade de grãos de trigo é mantida (SAIF; BASHAR, 2024).

Tabela 7. Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl⁻¹), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (PRODUT - kg ha⁻¹) da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NGE	Ph	MMG	PRODUT
Testemunha capinada	---	7,63 a ¹	74,67 a	37,08 a	2754,10 a
Terbuthylazine	500	7,30 a	75,13 a	34,10 a	1539,44 c
Terbuthylazine	750	7,94 a	74,19 a	35,24 a	1743,50 c
Terbuthylazine ³	500	9,00 a	73,97 a	36,15 a	1572,06 c
Terbuthylazine ³	750	7,20 a	73,61 a	32,68 a	1819,92 c
Carfentrazone-ethyl ³	80	6,65 b	74,01 a	35,57 a	1520,13 c
Carfentrazone-ethyl ³	120	6,33 b	75,34 a	33,99 a	1431,02 c
2,4-D amina	670	6,48 b	73,48 a	34,37 a	1202,65 c
Saflufenacil ³	28	6,18 b	68,86 b	25,76 b	2185,71 b
Clodinafop-propargyl ⁴	96	4,25 b	67,78 b	25,95 b	2144,46 b
Terbuthylazine+clodinafop ³	500+96	8,55 a	73,37 a	34,74 a	1643,57 c
Terbuthylazine+clodinafop ³	750+96	7,90 a	73,91 a	35,29 a	2706,14 a
Piraflufen-ethyl+clodinafop ³	3,75+96	5,25 b	68,80 b	26,40 b	2289,43 b
Piraflufen-ethyl+clodinafop ³	5,00+96	4,93 b	68,29 b	26,41 b	2237,58 b
Média Geral	---	6,96	72,84	32,87	1886,63
C.V. (%)	---	27,86	4,70	16,52	26,46

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$. ^{2 e 3} Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Destaca-se ainda que a aplicação de saflufenacil, clodinafop-propargyl, piraflufen-ethyl (3,75 e 5,00 g ha⁻¹) misturado ao tanque do pulverizador com o clodinafop-propargyl (5,0 + 96 g ha⁻¹) apresentaram o menor peso hectolitro, ao se comparar com todos os demais tratamentos, com média inferior a 69 kg hL⁻¹ (Tabela 7). Quando utilizados em misturas no tanque de pulverização, os herbicidas podem interagir química ou biologicamente na planta. Tendo como consequência o estresse adicional às plantas, o que pode reduzir a capacidade de enchimento de grãos e, consequentemente, seu peso e a qualidade. Além disso, o efeito dos herbicidas pode variar de acordo com as condições ambientais (temperatura e a umidade) e de solo (umidade, classe textural, pH, fertilidade, dentre outros) bem como com o momento da aplicação, da cultivar semeada, do manejo com a cultura, acordo com as características físico química dos produtos ou mesmo com a interação que pode ocorrer entre esses fatores (MATZENBACHER et al., 2015; NANDULA et al., 2019; GANDINI et al., 2020) Destaca-se que a variável PH está relacionada com a classificação e comercialização do trigo, visto que quanto maior o valor da mesma, maior será o rendimento da farinha destinado à panificação (ORMOND et al., 2013).

De acordo com Nunes et al. (2011) o peso hectolitro está diretamente ligado à forma, densidade, uniformidade e ao tamanho do grão, aos grãos quebrados da amostra e ao conteúdo de matérias estranhas. Para a classificação e comercialização do trigo seguindo a Instrução Normativa número 7 de 15 de agosto de 2001, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2001), os grãos do trigo podem ser classificados em três tipos: 1, 2 e 3 com no mínimo 78, 75 e 70 kg hL⁻¹, respectivamente, visto que este critério de valor está associado pela forma, densidade, uniformidade e tamanho do grão (NUNES et al., 2011). Sendo assim, nenhum dos tratamentos avaliados no presente estudo atingiram a classificação tipo 1, ou seja, PH superior a 78 kg hL⁻¹. No entanto, os baixos valores de PH observados no presente estudo estão relacionados principalmente pelas elevadas precipitações que ocorreram nos dias próximos à colheita conforme se observa na Figura 1. De acordo com Vargas et al. (2023) quando ocorre elevada precipitação estando o trigo próximo da colheita tem ocasionado efeito negativo no PH da cultura.

3.2 EXPERIMENTO 2 – Eficácia de herbicidas aplicados em trigo para o controle de nabo e azevém

Os resultados demonstram que o herbicida clodinafop-propargyl apresentou controle do nabo inferior a todos os demais tratamentos avaliados, principalmente após a segunda avaliação, dos 14 aos 42 DAT, em que os melhores produtos ocasionaram eficácia superior a 93% (Tabela 8). Isso se deve pelo fato do nabo apresentar enzima insensível ao clodinafop-propargyl, o que dá seletivo a essa planta daninha, e por esse herbicida ser recomendado para o controle de gramíneas, como por exemplo, o azevém (TREZZI et al 2007).

Na avaliação dos 7 DAT provavelmente os sintomas dos herbicidas ainda não estavam muito pronunciados, dificultando a visualização do efetivo controle provocado pelos mesmos ao nabo (Tabela 8). Nessa primeira avaliação observou-se que aplicação de carfentrazone-ethyl (80 e 120 g ha⁻¹), saflufenacil e piraflufen-ethyl (3,75 e 5,00 g ha⁻¹) destacaram-se como os melhores controles do nabo ao se comparar aos demais tratamentos, com o índice superior a 82%. Esse fato decorre principalmente pelos herbicidas carfentrazone-ethyl, saflufenacil e piraflufen-ethyl serem de contato e inibidores de PROTOX, com efeito sendo observado logo nos primeiros dias após a aplicação. O carfentrazone-ethyl, saflufenacil e piraflufen-ethyl tem eficácia principalmente sobre dicotiledôneas, agindo na enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) que está presente nos cloroplastos das plantas e que oxida o protoporfirinogênio para produzir a protoporfirina IX, precursora da clorofila e de grupamentos heme (transferência

de elétrons). Com isso a produção de clorofila e heme é bloqueada, ocorrendo a inibição de PROTOX gerando acúmulo de protoporfirinogênio, que ao ser exposto ao oxigênio forma a protoporfirina IX. Essas moléculas danificam e rompem as membranas celulares, levando à necrose e morte da planta, respectivamente (MARCHI et al., 2008). Schmitz et al. (2016) evidenciaram que o herbicida saflufenacil demonstrou que o controle do nabo foi superior a 90% a partir dos 14 DAT, corroborando em partes aos resultados encontrados no presente estudo. A porcentagem mínima que um herbicida precisa apresentar para ser recomendado para o controle de plantas daninhas infestantes das culturas é de 80% (OLIVEIRA et al., 2009).

Tabela 8. Controle de nabo – *Raphanus raphanistrum* (%) infestante da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Controle de nabo (%)					
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT	42 DAT
Testemunha capinada	---	100 a ²	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	---	0,00 d	0,00 e	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Terbuthylazine	500	61,75 c	93,25 b	93,25 a	93,25 a	91,75 a	91,75 a
Terbuthylazine	750	66,38 c	95,75 b	97,36 a	95,38 a	97,25 a	97,25 a
Terbuthylazine ³	500	66,75 c	94,13 b	93,50 a	92,88 a	92,25 a	92,25 a
Terbuthylazine ³	750	74,17 c	99,38 a	100 a	99,75 a	99,75 a	99,13 a
Carfentrazone-ethyl ³	80	85,06 b	93,25 b	96,88 a	96,50 a	96,25 a	96,25 a
Carfentrazone-ethyl ³	120	86,95 b	95,63 b	97,88 a	98,88 a	99,00 a	99,00 a
2,4-D amina	670	60,38 c	76,00 d	78,00 b	80,13 b	76,88 b	76,88 b
Saflufenacil ³	28	82,76 b	86,25 c	79,13 b	73,75 b	75,00 b	75,25 b
Clodinafop-propargyl ⁴	96	0,00 d	0,00 e	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Terbuthylazine+clodinafop ³	500+96	64,50 c	97,63 a	98,00 a	94,25 a	93,38 a	92,13 a
Terbuthylazine+clodinafop ³	750+96	78,13 b	99,63 a	99,75 a	99,25 a	99,25 a	99,25 a
Pirafufen-ethyl+clodinafop ³	3,75+96	83,00 b	97,75 a	94,50 a	95,75 a	97,00 a	95,00 a
Pirafufen-ethyl+clodinafop ³	5,00+96	85,00 b	97,50 a	99,50 a	99,00 a	99,50 a	97,75 a
Média Geral	---	65,07	80,61	80,77	80,10	79,93	79,68
C.V.(%)	---	15,58	5,94	8,35	10,26	11,23	11,27

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$. ^{3 e 4} Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Salienta-se que o clodinafop-propargyl não está registrado para o controle do nabo (AGROFIT, 2024) e não demonstrou efeito na planta daninha em virtude da insensibilidade que as dicotiledôneas apresentam aos herbicidas inibidores de acetil coenzima A carboxilase (ACCase). Os graminicidas são eficazes no controle de várias gramíneas anuais e perenes infestantes em culturas dicotiledôneas, como soja, algodão e feijoeiro, dentre outras (PETTER et al., 2016).

Os resultados demonstram que os herbicidas terbuthylazine (750 g ha⁻¹)+Dash, terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹) associado ao clodinafop-propargyl+Dash, pirafufen-ethyl

(3,75 e 5 g ha⁻¹) em mistura com o clodinafop-propargyl+Dash apresentaram controle do nabo igual estatisticamente a testemunha capinada, dos 14 aos 42 DAT (Tabela 8). A partir dos 21 DAT a aplicação de terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹), terbuthylazine (500 g ha⁻¹)+Dash e carfentrazone (80 e 120 g ha⁻¹) demonstraram controle de nabo superior a 92%, sendo iguais à testemunha capinada, até os 42 DAT. Os herbicidas a base de terbutilazina e piraflufen-ethyl mesmo que ainda não tenham registro para aplicação em trigo no Brasil podem ser uma alternativa para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas, especialmente o nabo que apresenta resistência aos herbicidas inibidores de ALS e na Argentina aos mimetizadores de auxinas (PANDOLFO et al., 2013; HEAP, 2024). Os demais tratamentos foram somente superiores à testemunha infestada ou até mesmo igualaram-se a essa no decorrer das avaliações de controle efetuadas.

Observou-se que os maiores níveis de controle do azevém foram obtidos com clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹) aplicado em isolado e as misturas em tanque desse herbicida com terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹) e piraflufen-ethyl (3,75 e 5 g ha⁻¹) dos 7 aos 42 DAT (Tabela 9). Esses mesmos tratamentos apresentaram controle do azevém igual estatisticamente a testemunha capinada a partir dos 21 DAT, permanecendo até os 42 DAT.

O controle do azevém nas duas primeiras avaliações (7 e 14 DAT) ficou abaixo de 80%, exceto o uso de terbuthylazine + clodinafop-propargyl (750 + 96 g ha⁻¹) na avaliação dos 14 DAT que apresentou 81,25%. Os tratamentos como terbuthylazine, 2,4-D amina e saflufenacil usados em isolados se igualaram a testemunha infestada aos 14DAT. No entanto, ambos ficaram abaixo do mínimo exigido para a recomendação de um herbicida, isso se dá pelo fato do herbicida ser seletivo para gramíneas e controlar somente dicotiledôneas (MARIANI et al., 2016).

Os herbicidas, terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹) sem ou com a adição do adjuvante Dash, carfentrazone-ethyl (80 e 120 g ha⁻¹), 2,4-D amina e saflufenacil apresentaram controle do azevém somente acima da testemunha infestada ou foram iguais estatisticamente a essa em todas as avaliações efetuadas, dos 7 aos 42 DAT (Tabela 9). Isso ocorreu pelo fato desses herbicidas serem recomendados para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas, não tendo ação sobre gramíneas. A terbuthylazine, pertence a classe das triazinas, sendo formado de compostos heterocíclicos que atuam no bloqueio da proteína D1 no Fotossistema II que está presentes nas plantas, como consequência o transporte de elétrons é paralisado inibindo a produção de ATP e a biossíntese de proteínas e carboidratos, os quais são essenciais para o crescimento das plantas (TEIXEIRA et al., 2024). Os principais mecanismos de seletividade de herbicidas sobre espécies Gramíneas/Poáceas são a metabolização e a conjugação, processos

realizados pelas enzimas da família citocromo-P450-monooxigenase (P450) e glutathione-S-transferase (GST), respectivamente. Essas enzimas são capazes de inativarem os herbicidas antes que eles cheguem ao local de ação na célula e causem danos às plantas (POWLES & YU, 2010), fato esse que provavelmente tenha ocorrido no presente estudo com o azevém ao se aplicar terbutylazine.

Tabela 9. Controle (%) de azevém (*Lolium multiflorum*) infestante da cultivar de trigo TBIO Audaz, em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Controle de azevém (%)					
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT	42 DAT
Testemunha capinada	---	100 a ²	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	---	0,00 d	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Terbutylazine	500	0,00 d	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Terbutylazine	750	0,00 d	0,00 d	20,00 b	23,33 b	23,33 b	23,33 b
Terbutylazine ³	500	0,00 d	0,00 d	20,00 b	20,00 b	20,00 b	20,00 b
Terbutylazine ³	750	0,00 d	0,00 d	21,25 b	21,25 b	21,25 b	0,00 c
Carfentrazone-ethyl ³	80	12,50 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Carfentrazone-ethyl ³	120	16,25 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
2,4-D amina	670	0,00 d	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Saflufenacil ³	28	20,63 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Clodinafop-propargyl ⁴	96	61,13 b	78,75 b	89,50 a	95,25 a	95,63 a	95,63 a
Terbutylazine+clodinafop ³	500+96	55,63 b	76,50 b	86,00 a	91,50 a	87,00 a	87,00 a
Terbutylazine+clodinafop ³	750+96	60,00 b	81,25 b	91,38 a	90,88 a	89,13 a	89,13 a
Pirafufen-ethyl+clodinafop ³	3,75+96	41,25 b	70,00 c	84,50 a	84,50 a	90,00 a	88,75 a
Pirafufen-ethyl+clodinafop ³	5,00+96	53,75 b	71,25 c	83,25 a	90,00 a	92,50 a	92, 00 a
Média Geral	---	26,69	29,08	36,57	37,82	37,68	36,10
C.V.(%)	---	58,57	13,37	31,46	31,43	30,99	27,58

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$. ³ e ⁴ Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O herbicida saflufenacil pertence ao grupo químico das pirimidinadionas, sendo um inibidor de protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). As plantas tolerantes ao saflufenacil apresentam menor absorção e translocação da molécula e aumento na capacidade de detoxificação, levando a menor acúmulo de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica (PIASECKI et al., 2017). Fato esse que provavelmente ocorreu com o azevém para esse não demonstrar controle ao se aplicar o saflufenacil no presente estudo.

A tolerância apresentada pelas plantas ao herbicida 2,4-D engloba a translocação limitada via floema mediada por receptores de auxina (T1R1/AFB), os quais possuem a função das respostas transcricionais e bioquímicas (PIASECKI et al., 2017). Esses mesmos autores relatam ainda que a função da proteína T1R1 nas plantas é a de perceber o herbicida e identificar o substrato, atuando na regulação da síntese do ácido abscísico e etileno através da expressão

da enzima 9-cis-epoxicaroteno dioxigenase (NCED) no plastídio. De acordo com Song et al. (2014) ocorre ainda uma diferença na estrutura do tecido vascular entre dicotiledôneas e monocotiledôneas e isso contribui para que haja seletividade aos herbicidas auxínicos pelas Gramíneas/Poaceae.

Para o controle de azevém observou-se que o clodinafop-propargyl (96 g ha^{-1}) tanto aplicado em isolado ou associado aos herbicidas terbuthylazine (500 e 750 g ha^{-1}) e piraflufen-ethyl ($3,75$ e 5 g ha^{-1}) foram os tratamentos que proporcionaram a melhor eficácia em comparação com os demais (Tabela 9). Destaca-se que as misturas em tanque dos produtos não ocasionaram antagonismo, ou seja, redução de controle da planta daninha, em comparação com as aplicações em isolado. A melhora do controle do azevém ao se comparar as aplicações de terbuthylazine (500 e 750 g ha^{-1}) e piraflufen-ethyl ($3,75$ e 5 g ha^{-1}) em isolado contra esses mesmos tratamentos em mistura com o clodinafop-propargyl deve-se ao fato de que esse último herbicida é um graminicida específico, ou seja, controla espécies de plantas daninhas pertencentes à família Gramineae/Poaceae, por essas apresentarem enzima (ACCCase) sensível a esses produtos (BASAK et al., 2022).

O herbicida clodinafop-propargyl (96 g ha^{-1}) apresentou a maior eficácia sobre o azevém em todas as avaliações de controle dos 7 a 42 DAT (Tabela 9). Esse fato ocorreu devido ao azevém não apresentar resistência aos herbicidas inibidores de ACCCase, além da alta eficácia que esse produto demonstra quando usado sobre essa planta daninha, como já encontrado azevém resistente aos herbicidas inibidores de ACCCase, em outras regiões do estado do Rio Grande do Sul (VARGAS et al., 2018). Trezzi et al. (2007) ao trabalharem com herbicidas na cultura do trigo em pós-emergência, evidenciaram controle do azevém maior do que 80% com o uso de clodinafop-propargyl, assemelhando-se aos resultados encontrados na presente pesquisa.

A testemunha capinada, a terbuthylazine (500 e 750 g ha^{-1}) e o piraflufen-ethyl ($3,75$ e 5 g ha^{-1}) misturados ao tanque do pulverizador com o clodinafop-propargyl apresentaram os melhores resultados para todos os componentes de rendimento de grãos de trigo (número de plantas por metro, comprimento de espigas, número de espigas por área, números de grãos cheios e estéreis, peso hectolitro, massa de mil grãos e produtividade de grãos) ao se comparar com os demais tratamentos (Tabelas 10 e 11). Esse fato provavelmente está associado ao bom controle ocasionado do nabo (Tabela 8) e do azevém (Tabela 9) proporcionado por esses tratamentos. O nabo e o azevém são plantas daninhas muito competitivas ao infestarem o trigo e quando não controladas ocasionam efeitos diretos no crescimento e no desenvolvimento da cultura, refletindo negativamente nos componentes de rendimentos de grãos e também na

qualidade dos grãos colhidos, especialmente o peso hectolitro e a produtividade. Resultados semelhantes foram relatados por Raj et al., (2020) ao encontrarem as melhores respostas dos componentes de rendimento de grãos nos tratamentos que demonstraram a melhor eficácia de controle das plantas daninhas infestantes do trigo, confirmando assim aos resultados obtidos no presente estudo.

Tabela 10. Número de plantas (NPM - m), comprimento de espigas (COE - cm), número de espigas (NES – m²) e Número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NPM	NES	COE	NGH
Testemunha capinada	---	64,00 a ¹	379,82 b	7,65 a	33,22 a
Testemunha infestada	---	12,75 c	74,66 d	3,33 c	11,19 c
Terbuthylazine	500	35,92 b	187,54 d	7,39 a	24,93 a
Terbuthylazine	750	38,37 b	249,36 c	7,58 a	31,23 a
Terbuthylazine ²	500	46,29 a	269,38 c	8,28 a	35,78 a
Terbuthylazine ²	750	49,54 a	231,21 c	7,90 a	31,50 a
Carfentazone ²	80	37,54 b	192,66 c	6,90 a	28,23 a
Carfentazone ²	120	39,37 b	208,58 c	7,41 a	29,88 a
2,4-D amina	670	32,25 b	107,54d	7,78 a	28,38 a
Saflufenacil ²	28	26,50 b	141,50 d	5,45 b	21,71 b
Clodinafop-propargyl ³	96	8,83 c	111,00 d	3,63 c	13,33 c
Terbuthylazine+clodinafop ³	500+96	60,25 a	326,17 b	7,93 a	31,75 a
Terbuthylazine+clodinafop ³	750+96	56,21 a	378,58 b	8,08 a	30,06 a
Piraflufen-ethyl+clodinafop ³	3,75+96	35,00 b	308,00 b	7,25 a	27,27 a
Piraflufen-ethyl+clodinafop ³	5,00+96	31,67 b	501,33 a	7,63 a	30,00 a
Média Geral	---	38,65	233,05	6,91	27,13
C.V(%)	---	38,19	37,79	24,96	28,24

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05. ^{2 e 3} Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Observou-se que a testemunha infestada, a aplicação de saflufenacil e do clodinafop-propargyl demonstraram os piores resultados relacionados com todos os componentes de rendimento de grãos avaliados ao se comparar com os demais tratamentos (Tabelas 10 e 11). Os demais tratamentos ficaram em patamares intermediários entre aqueles que proporcionaram os melhores desempenhos (testemunha capinada, terbuthylazine+clodinafop-propargyl - 500+96 g ha⁻¹, terbuthylazine+clodinafop-propargyl - 750+96 g ha⁻¹, piraflufen-ethyl - 3,75+96 g ha⁻¹ e piraflufen-ethyl - 5 clodinafop-propargyl 96 g ha⁻¹) relacionados com os componentes de rendimentos de grãos e os que ocasionaram os piores resultados (testemunha infestada, saflufenacil e o clodinafop-propargyl).

Conforme já explicado, o nabo e o azevém apresentam elevada competitividade com o trigo por água, luz e nutrientes, ou até mesmo liberando substâncias alelopáticas que inibem o

crescimento e desenvolvimento da cultura e consequentemente a expressão dos componentes de rendimento de grãos. Provavelmente esse fato deve-se ao baixo controle do nabo ocasionado pelo saflufenacil e o clodinafop-propargyl (Tabelas 8), sendo essa uma espécie muito competitiva ao infestar o trigo. O saflufenacil é um herbicida de contato e como a área apresentou elevada infestação de nabo, pode ter ocorrido efeito “guarda-chuva” em que as plantas menores receberam menos produto ou não receberam o mesmo, ocasionando rebrote ou pelo fato também desse produto não ter residual de solo ocorrendo assim novo fluxo de plantas daninhas após a aplicação (GAZOLA et al., 2021). O nabo é uma espécie de planta daninha dicotiledônea, que apresenta a enzima ACCase insensível aos graminicidas, e por isso não houve o controle pelo clodinafop-propargyl (LOPES et al., 2021).

Tabela 11. Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl⁻¹), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da cultivar de trigo TBIO Audaz em função da aplicação de herbicidas nos cultivos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha ⁻¹	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NGE	pH	MMG	PRODUT
Testemunha capinada	---	6,93 b ¹	72,97 a	36,83 a	2660,70 a
Testemunha infestada	---	1,63 c	31,50 b	13,17 b	136,91 d
Terbuthylazine	500	6,97 b	71,62 a	33,32 a	1499,85 b
Terbuthylazine	750	7,10 b	71,95 a	34,34 a	1462,77 b
Terbuthylazine ²	500	10,13 a	79,78 a	42,61 a	1458,88 b
Terbuthylazine ²	750	6,82 b	70,69 a	32,68 a	1484,13 b
Carfentazone ²	80	7,59 b	70,70 a	35,86 a	924,65 c
Carfentazone ²	120	6,40 b	70,91 a	34,20 a	831,58 c
2,4-D amina	670	5,95 b	70,80 a	34,39 a	885,53 c
Saflufenacil ²	28	6,38 b	31,63 b	13,75 b	792,61 c
Clodinafop-propargyl ³	96	2,33 c	30,75 b	14,31 b	423,83 d
Terbuthylazine+clodinafop ³	500+96	6,95 b	70,94 a	36,28 a	1902,19 a
Terbuthylazine+clodinafop ³	750+96	9,80 a	72,29 a	36,34 a	2421,05 a
Piraflufen-ethyl+clodinafop ³	3,75+96	3,86 c	65,00 a	29,42 a	2272,18 a
Piraflufen-ethyl+clodinafop ³	5,00+96	5,45 b	64,25 a	29,84 a	2381,26 a
Média Geral	---	6,40	62,94	30,55	1372,25
C.V.(%)	---	39,59	28,31	33,41	37,35

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$. ^{2 e 3} Adicionado os adjuvantes, Dash e Assist na dose de 0,5% v/v, respectivamente. Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Os resultados demonstram que a aplicação dos herbicidas em mistura no tanque (terbuthylazine+clodinafop-propargyl-500+96; 750+96 g ha⁻¹ e de piraflufen-ethyl+clodinafop-propargyl-3,75+96 e 5+96 g ha⁻¹) demonstram 56,04% (1,26 t ha⁻¹) maior produtividade de grãos de trigo em relação a média do uso dos demais produtos aplicados em isolado (Tabela 11). No presente estudo a redução de produtividade de grãos, em média comparando-se a testemunha infestada com os melhores tratamentos (testemunha capinada, terbuthylazine+clodinafop-propargyl-500+96; 750+96 g ha⁻¹ e de piraflufen-ethyl+clodinafop-

propargyl-3,75+96 e 5+96 g ha⁻¹) foi de 2,19 t ha⁻¹ de grãos, ou seja, uma média de 94,12% na perda de produtividade em função da interferência do nabo e/ou do azevém em trigo. Assim sendo, percebe-se que o controle do nabo e/ou do azevém infestantes do trigo torna-se necessário para evitar perdas na produtividade de grãos. De acordo com Lamego et al. (2013) pode ocorrer perdas na produtividade de grãos de trigo superiores a 80%, quando não se utiliza nem um método de controle, em virtude dessa planta daninha demonstrar elevada habilidade competitiva com a cultura.

Os resultados observados na condução dos experimentos do presente estudo evidenciam a necessidade da escolha correta dos herbicidas, que sejam seletivos à cultura, ou mesmo que esses produtos venham a controlar o nabo e/ou o azevém de modo eficiente, para assim evitar efeitos negativos ao trigo, especialmente em relação a produtividade de grãos.

4. CONCLUSÃO

Os herbicidas que causaram as maiores fitotoxicidades à cultivar de trigo Audaz foram terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹)+Dash, o carfentrazone-ethyl (120 g ha⁻¹), saflufenacil e o piraflufen-ethyl (3,75 e 5 g ha⁻¹)+clodinafop-propargyl.

O melhor desempenho fisiológico das plantas de trigo foi obtido ao se aplicar terbuthylazine (750 g ha⁻¹), carfentrazone (80 g ha⁻¹), 2,4-D amina e terbuthylazine+clodinafop-propargyl (750+96 g ha⁻¹).

Os herbicidas terbuthylazine (500 e 750 g ha⁻¹) e piraflufen (3,75 e 5 g ha⁻¹) associados ao clodinafop-propargyl (96 g ha⁻¹) apresentaram os melhores controles de nabo e azevém e o melhor desempenho nos componentes de rendimentos de grãos, especialmente em relação a produtividade da cultivar de trigo TBIO Audaz.

Caso não seja adotado nem um método de controle do nabo e do azevém infestante do trigo ocorre perda média de grãos de 91,04%.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 01-09, 2016.
- AGROFIT. **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 01 set. 2024.
- BALEM, R. et al. Controle de nabo e azevém em trigo com herbicidas pós-emergentes. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 6, n. 1, p. 45-56, 2021.
- 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.
- BARROS, J. C.; CALADO, J. Rotation of herbicides in wheat to prevent resistance weed under Mediterranean conditions. **Revista de ciências agrárias**, v. 43, n. 1, p. 3-13, 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SARC n 7, de 2001**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade do trigo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 21 de agosto de 2001.
- BASAK, S. et al. Detecting the effect of ACCase-targeting herbicides on ACCase activity utilizing a malachite green colorimetric functional assay. **Weed Science**, v. 70, n. 1, p. 14-19, 2022.
- CARVALHO, S. J. P. et al. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agrícola**, v. 66, n. 1, p. 136-142, 2009.
- COLOMBO, M. et al. Agronomic performance of wheat under post-emergence herbicide application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, e69908, 2022.
- CORREIA, N. M.; CARVALHO, A. D. F. Seletividade de herbicidas para batata-doce. **Weed Control Journal**, v. 20, n. 1, e202100740, 2021.
- CQFS-RS/SC-Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre. 2016. 376p.
- CRUZ, N. T. et al. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. **Revista Científica Rural**, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2023.
- DEBOER, G. J. et al. The impact of uptake, translocation and metabolism on the differential selectivity between blackgrass and wheat for the herbicide pyroxsulam. **Pest Management Science**, v.67, n.3, p.279-286, 2011.

DE SOUSA, U. E. et al. Interaction of tank mix between diquat and glyphosate herbicides in desiccation of fallow land. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 2, p. 61-70, 2023.

ELATTAR, H. A. A. et al. Phytotoxicity and effectiveness of some herbicides in wheat plantations. **Arab Universities Journal of Agricultural Sciences**, v. 26, n.2, p. 1639-1657, 2018.

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

FURQUIM, L. T. et al. Efeito de herbicidas no crescimento inicial do sorgo sacarino. **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 37-42, 2019.

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. Efficacy and phytotoxicity of herbicides applied for the handling of weeds that infest wheat. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 2, p. 128-140, 2015.

GALON, L. et al. Weed interference period and economic threshold level of ryegrass in wheat. **Bragantia**, v. 78, n. 3, p.409-422, 2019.

GALON, L. et al. Selectivity and efficacy of herbicides applied to the wheat crop. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 20, n. 3, 2021.

GAZOLA, T. et al. Selectivity and residual weed control of pre-emergent herbicides in soybean crop. **Revista Ceres**, v. 68, n.3, p. 219-229, 2021.

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

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. 2024. Disponível em: <http://www.weedscience.org/>. Acesso em: 05 out. 2024.

LAMEGO, F. P. et al. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 521-531, 2013.

LANZANOVA, M.E. et al. Influência de plantas de cobertura em atributos do solo e produtividade do trigo em sistema plantio direto. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 6, p. 4948-4967, 2023.

LOPES, A. F.; et al. Controle de capim-amargoso com herbicidas graminicidas após diferentes períodos de restrição hídrica. **Weed Control Journal**, v. 20, e202100756, 2021.

MARIANI, F. et al. Valor adaptativo e habilidade competitiva de azevém resistente e suscetível ao iodosulfuron em competição com o trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 6, p. 710-719, 2016.

MARCHI, G. et al. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

MATZENBACHER, F. de O. et al. Antagonism is the predominant effect of herbicide mixtures used for imidazolinone-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control. **Planta Daninha**, v. 33, p. 587-597, 2015.

MECHI, I. A. et al. Infestação de plantas daninhas de difícil controle em função de anos de consórcio milho-braquiária. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 49-54, 2018.

MITHILA, J. et al. Evolution of resistance to auxinic herbicides: Historical perspectives, mechanisms of resistance, and implications for broadleaf weed management in agronomic crops. **Weed Science**, v. 59, n. 4, p. 445-457, 2011.

NANDULA, V. K. et al. Herbicide metabolism: crop selectivity, bioactivation, weed resistance, and regulation. **Weed Science**, v. 67, n. 2, p. 149-175, 2019.

NUNES, A. et al. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, 2011.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia. Dados climatológicos**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 set. 2024.

OLIVEIRA, R. et al. Controle de *Commelina benghalensis*, *C. erecta* e *Tripogandra diuretica* na cultura do café. **Planta Daninha**, v. 27, p. 823-830, 2009.

ORMOND, A. et al. Análise das características físicas de sementes de trigo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 17, p. 108-114, 2013.

PANDOLFO, C. E. et al. Limited occurrence of resistant radish (*Raphanus sativus*) to AHAS-inhibiting herbicides in Argentina. **Planta Daninha**, v. 31, p. 657-666, 2013.

PETTER, F.A. et al. Management of volunteer plants in cultivation systems of soybeans, corn and cotton resistant to glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas** 2016.

PIASECKI, C. et al. Seletividade de associações e doses de herbicidas em pós emergência do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 286-295, 2017.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, n. 1, p. 317-347, 2010.

RAJ, R. et al. Efficacy of different weed management practices on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 5, p. 2250-2253, 2020.

SAIF, A. H.; BASHAR, K. H. Melhorando o conteúdo nutricional dos grãos de trigo por meio de estratégias integradas de manejo de ervas daninhas e pulverização com nanomiconutrientes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 1, p. 88-92, 2024.

- SALOMÃO, P. E. A. et al. Herbicidas no Brasil: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. p, n. 2, p. 1-22, 2020.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa. 2018.
- SBCPD. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD. 1995. 42p.
- SCHMITZ, M. F. et al. Manejo de nabo com os herbicidas saflufenacil e bentazona na cultura do trigo. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 15, 2016.
- SONG, Y. Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. **Journal of Integrative Plant Biology**, v.56, p.106-113, 2014.
- SU, W. C. et al. The residual effects of bensulfuron-methyl on growth and photosynthesis of soybean and peanut. **Photosynthetica**, v.56, n. 2, p.670-677, 2018.
- TAMAGNO, W. A. et al. Redox status upon herbicides application in the control of *Lolium multiflorum* (2n and 4n) as weed. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 56, p. 1-11, 2022.
- TAVARES, L. C. et al. Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop. **Planta Daninha**, v. 37, p. e019178898, 2019.
- TEIXEIRA, M.M. et al. Photosystem II inhibitor herbicides. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**. v.22, n.7, p. 01-32. 2024.
- TREZZI, M. M. et al. Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2,4-d no controle de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 25, p. 839-847, 2007.
- USDA - United States Department of Agriculture. **Economic Research Service**. 2024. Disponível em: <https://www.usda.gov/>. Acesso em: 10 set. 2024.
- VAN DER MEULEN, A.; CHAUHAN, B. S. A review of weed management in wheat using crop competition. **Crop Protection**, v. 95, n.1, p. 38-44, 2017.
- VARGAS, L. et al. Caracterização e manejo de azevém (*Lolium multiflorum* L.) resistente a herbicidas em áreas agrícolas. **Revista Inovação**, v. 162, p. 15-19, 2018.
- VARGAS, V. et al. Qualidade de grãos de trigo. **Revista Inovação**, v. 2, n. 1, p. 188-212, 2023.
- WALSH, M. J. Enhanced wheat competition effects on the growth, seed production, and seed retention of major weeds of Australian cropping systems. **Weed Science**, v. 7, n. 6, p. 657-665, 2019. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.53>
- WANG, M. et al. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal of Molecular Sciences**, v.14, n. 4, p. 7370-7390, 2021.

ZAKARIYYA, M. I. et al. Integrated weed management strategies in wheat crop. **Journal of Plant Genetics and Breeding**, v. 6, n. 1, p. 1-4, 2022.