

## Manejo químico de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo

Leandro Galon<sup>1,2</sup>, Barbara Casagrande de Oliveira<sup>1</sup>, Maico André Michelon Bagnara<sup>1,2</sup>, Moises Henrique Schmitz<sup>1</sup>, Camila Viasdeski de Oliveira<sup>1</sup>, Sabrina Camila Pigatto<sup>1</sup>, David Fambre Mezdri<sup>1</sup> & Siumar Pedro Tironi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, Erechim/RS, Brasil

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, Erechim/RS, Brasil

<sup>3</sup> Grupo de Pesquisa Núcleo de Estudos em Fitossanidade, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó, Chapecó/SC, Brasil

Correspondência: Leandro Galon, Laboratório de Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, Erechim/RS, Brasil. E-mail: leandro.galone@gmail.com

Recebido: Março 04, 2023

Aceito: Março 23, 2023

Publicado: Agosto 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i8.344

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i8.344>

### Resumo

As plantas daninhas competem com o trigo por água, luz e nutrientes, o que reduz a produtividade e, portanto, os lucros do triticulor. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência para o manejo de plantas daninhas infestante do trigo. Dois experimentos foram instalados em blocos casualizados, com quatro repetições. Os herbicidas usados foram; em pré-emergência o imazethapyr + flumioxazin, pendimethalin e flumioxazin, e em pós-emergência o iodosulfuron, pyroxsulam, metsulfuron e clodinafop, e dois controles, um capinado e outro infestado. Os herbicidas com maior fitotoxicidade à cultivar de trigo TBIO Sinuelo foram a mistura de imazethapyr + flumioxazin e associado a essa o uso de iodosulfuron, pyroxsulam, metsulfuron e clodinafop. A aplicação de imazethapyr + flumioxazin + metsulfuron resultou em menor dano às variáveis fisiológicas do trigo. A aplicação em pré-emergência de imazethapyr+flumioxazin e em pós-emergência de iodosulfuron-methyl, pyroxsulam e metsulfuron ocasionaram o melhor controle de nabo. O melhor controle de azevém foi obtido com o uso de pendimethalin e flumioxazin em associação com clodinafop. Os tratamentos imazethapyr + flumioxazin, imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron, pendimethalin + iodosulfuron, flumioxazin + iodosulfuron, imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam, pendimethalin + pyroxsulam, flumioxazin + pyroxsulam, imazethapyr + flumioxazin + clodinafop e flumioxazin + clodinafop foram os tratamentos mais eficientes no controle de aveia preta. O pendimethalin + iodosulfuron apresentou as melhores respostas em ambos os experimentos, tanto em termos de seletividade quanto de eficácia, para os componentes de rendimento de grãos.

**Palavras-chave:** *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Raphanus raphanistrum*, *Triticum aestivum*.

## Chemical management of weeds in wheat culture

### Abstract

Weeds compete with wheat for water, light, and nutrients, which reduces productivity and thus profits for the wheat producer. Therefore, the objective of this work was to evaluate the selectivity and efficacy of herbicides applied pre-emergence and post-emergence to control weed-infesting wheat. Two experiments were set up in randomized blocks, with four replicates. Pre-emergence herbicides used were imazethapyr + flumioxazin, pendimethalin, and flumioxazin; post-emergence herbicides used were iodosulfuron, pyroxsulam, metsulfuron, and clodinafop, and two controls, one weeded and the other infested. The herbicides with the highest phytotoxicity for the wheat cultivar TBIO Sinuelo were the mixture of imazethapyr + flumioxazin and associated with this the use of iodosulfuron, pyroxsulam, metsulfuron, and clodinafop. The application of imazethapyr + flumioxazin + metsulfuron resulted in the least damage to wheat physiological variables. Pre-emergence use of imazethapyr + flumioxazin and the post-emergence use of iodosulfuron, pyroxsulam, and metsulfuron resulted in the best turnip control. The best ryegrass control was achieved by using pendimethalin and flumioxazin in

conjunction with clodinafop. The treatments imazethapyr + flumioxazin, imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron, pendimethalin + iodosulfuron, flumioxazin + iodosulfuron, imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam, pendimethalin + pyroxsulam, flumioxazin + pyroxsulam, imazethapyr + flumioxazin + clodinafop and flumioxazin + clodinafop were the most effective treatments for black oat control. The pendimethalin + iodosulfuron showed the best responses in both experiments, both in terms of selectivity and efficacy, for grain yield components

**Keywords:** *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Raphanus raphanistrum*, *Triticum aestivum*.

## 1. Introdução

As plantas daninhas destacam-se como fator que pode ser limitante para que se tenha um potencial elevado de produtividade de grãos do trigo, ocasionando dano direto na cultura quantidade e qualidade do produto colhido (Lamego et al., 2013; Barros; Calado, 2020). A interferência das plantas daninhas pode reduzir de 18 até 82% a produtividade de grãos do trigo, além de acarretar em aumento dos custos de produção e diminuição da margem de lucro do triticulor (Lamego et al., 2013; Galon et al., 2019; Barros; Calado, 2020). As plantas daninhas competem com a cultura pelos recursos luz, água e nutrientes, podem liberar substâncias alelopáticas e serem hospedeiras de pragas (Agostinetto et al., 2016, Galon et al., 2019) o que conseqüentemente irá interferir no crescimento e desenvolvimento da cultura.

Entre as espécies de plantas daninhas que ocasionam dano à cultura do trigo destaca-se o azevém (*Lolium multiflorum*), o nabo/nabiça (*Raphanus raphanistrum* ou *R. sativus*), a aveia-preta (*Avena strigosa*), dentre outras. Essas espécies são muito competitivas e de difícil controle (Lamego et al., 2013; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2021).

No Brasil, o azevém se adaptou muito bem à região Sul devido às suas condições edáficas e climáticas como o inverno, estação com baixa temperatura e alta precipitação, tendo bom potencial para produção de forragem, alta capacidade de rebrota e alta qualidade nutricional e ainda pode ser utilizado para a produção de silagem e feno (Ramos et al., 2021; Tamagno et al., 2022). O azevém possui características morfofisiológicas semelhantes ao trigo, por pertencer a mesma família botânica e isso causa uma necessidade dos mesmos recursos e o difícil controle químico com o uso de herbicidas (Agostinetto et al., 2016). Além disso, o azevém apresenta resistência aos herbicidas inibidores das enzimas ALS (acetolactato sintase), ACCase (acetil coenzima - A carboxilase) e EPSPs (Enol piruvil shiquimato fosfato sintase (Heap, 2023), sendo esses produtos os principais utilizados para o manejo dessa espécie daninha ocorrentes em lavouras de trigo.

O nabo/nabiça (*Raphanus sativus* e *R. raphanistrum*) demonstra elevada capacidade de competição com a cultura do trigo, além de apresentar alta prolificidade, dormência de sementes e resistência aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) o que contribui para reduzir o potencial de produção da lavoura (Lamego et al., 2013; Costa; Rizzardi, 2015). O difícil controle também está relacionado com o uso do nabo para cobertura de solo no sistema de plantio direto na palha ou o uso como forragem de inverno destinado para alimentação animal elevando assim o banco de sementes do solo (Costa; Rizzardi, 2015; Tavares et al., 2019).

A aveia preta por ser usada como pastagem, como palhada no sistema de plantio direto e/ou como produção de grãos tem aumentado o banco de sementes no solo com ressemeadura natural e desse modo se tornou uma planta daninha indesejada quando se cultiva trigo, cevada, centeio, triticale, canola, dentre outros na estação outono/inverno necessitando assim de controle para evitar a competição dessa com as culturas e conseqüentemente perdas de produtividade de grãos (Galon et al., 2021).

O método de controle químico é o mais utilizado pelos agricultores para manejar as plantas daninhas, em função da eficiência, praticidade, rapidez e menor custo quando comparado a outros métodos (Piasecki et al., 2017; Balem et al., 2021). No entanto, no Sul do Brasil os herbicidas utilizados em pós-emergência do trigo, predominantemente pertencem aos inibidores de ACCase e de ALS (Balem et al., 2021). Dentre esses, os mais recomendados para controle das plantas daninhas em trigo e que estão disponíveis em maior quantidade, são os inibidores de ALS (Piasecki et al., 2017). No entanto esses herbicidas são os que apresentam muitos casos de plantas daninhas resistentes nos últimos anos (Heap, 2023) e em alguns países já se tem preocupação em relação ao tempo que esses produtos irão ter para efetuar o controle químico de espécies infestantes em lavouras de trigo (Walsh, 2019).

É importante salientar que os crescentes casos de resistência de plantas daninhas estão ligados a elevada pressão de seleção devido a aplicação desordenada de herbicidas de um mesmo mecanismo de ação, às escassas alternativas de produtos registrados para uso na cultura do trigo e também pela falta de rotação de culturas e de

princípios ativos (Piasecki et al., 2017; Walsh, 2019).

Os herbicidas quando aplicados nas culturas podem exercer efeitos diretos ou indiretos no crescimento e no desenvolvimento das plantas, provocando alterações nos processos fisiológicos e metabólicos, causando intoxicação, desregulação dos mecanismos de defesa, oxidação celular, alterações na absorção de nutrientes, dentre outros (Agostinetto et al., 2016; Bari et al., 2020; Tamagno et al., 2022). O uso de herbicidas também pode ocasionar interferência negativa sobre os componentes do rendimento de grãos das culturas ou não apresentarem eficácia para o controle de plantas daninhas ou mesmo ocasionarem impactos negativos aos agros ecossistemas quando utilizados de modo incorreto (Tavares et al., 2018; Bari et al., 2020; Zakariyya et al., 2022).

Desse modo torna-se importante novos estudos que avaliem a seletividade e a eficácia de herbicidas na busca por alternativas de controle químico com diferentes mecanismos de ação para o manejo de plantas daninhas infestantes do trigo, mesmo que não sejam esses produtos ainda registrados à cultura, como algumas das moléculas testadas na presente pesquisa.

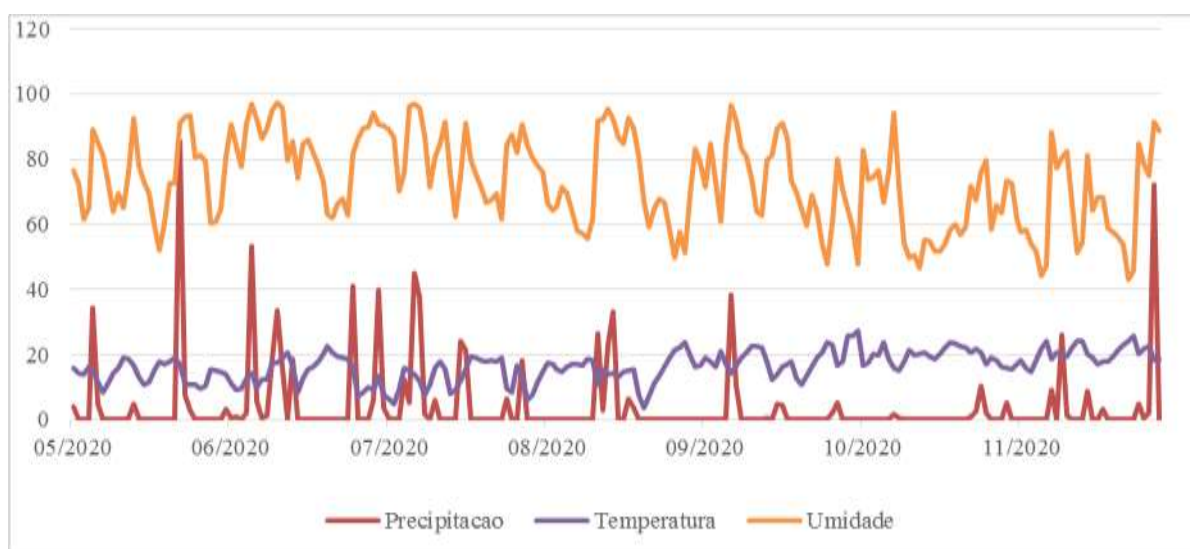
A aplicação de herbicidas pré-emergentes associados a pós-emergentes melhora o controle de plantas daninhas e apresentam seletividade à cultura do trigo. Assim sendo, objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência para o manejo de plantas daninhas infestante do trigo.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Local experimental, dados climáticos e de solo

Foram instalados dois experimentos a campo na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Erechim/RS, no ano de 2020. No primeiro experimento avaliou-se a seletividade dos herbicidas ao trigo e no segundo foi estudado a eficácia de controle sobre as plantas daninhas azevém (*Lolium multiflorum*), nabo/nabiça (*Raphanus sativus* ou *R. raphanistrum*) e aveia preta (*Avena strigosa*). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumino férrico humico (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 5,1; MO = 3,0%; P= 5,2 mg dm<sup>-3</sup>; K= 118,0 mg dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup>=0,3 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>= 5,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>= 3,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC(t)= 7,4 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC (pH=7,0)= 16,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al= 7,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; SB= 53% e Argila= 60%. A semeadura do trigo foi realizada em sistema de plantio direto, dessecando-se a vegetação com glyphosate (1.440 g ha<sup>-1</sup>) + saflufenacil (70 g ha<sup>-1</sup>) + óleo mineral (0,5% v/v). A precipitação, temperatura média (°C) e a umidade relativa do ar (%) ocorridas durante o período de condução dos experimentos podem ser observadas na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período de condução dos experimentos de maio a novembro de 2020. Fonte: INMET (2023).

## 2.2 Delineamento, dimensão de unidades experimentais e área útil

Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e 17 tratamentos. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 5 x 2,72 m, totalizando uma área de 13,6 m<sup>2</sup>, contendo 16 linhas de semeadura espaçadas em 0,17 m. A área útil das parcelas correspondeu a 6,8 m<sup>2</sup> (4 x 1,7 m), sendo colhidas as 10 linhas centrais de trigo, descartando-se as bordaduras laterais e frontais para a realização das análises.

## 2.3 Semeadura dos experimentos e adubação

A semeadura dos experimentos ocorreu em 28/05/2021, tanto para o ensaio de seletividade quanto de eficácia, utilizando-se a cultivar de trigo de ciclo médio-tardio, TBIO Sinuelo através de semeadora/adubadora. A densidade média de sementes foi de 50 plantas m<sup>-1</sup> ou 300 plantas m<sup>-2</sup>, resultando numa densidade final de aproximadamente 3.000.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Para adubação de base foi utilizado 230 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-30-15 (N-P-K) e em cobertura aplicou-se 140 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia, dividindo-se em duas épocas, a primeira na fase de afilhamento e a segunda na fase de alongamento.

## 2.4 Aplicação e tratamentos utilizados nos experimentos

A aplicação dos herbicidas foi efetuada com a utilização de um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO<sub>2</sub>, 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<sup>-1</sup>, o que proporcionou a vazão de 150 L ha<sup>-1</sup> de calda de herbicida. Os herbicidas utilizados nos dois experimentos encontram-se dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados nos experimentos, respectivas doses, adjuvante e modalidade de aplicação. UFFS/Erechim/RS, ano de 2020.

Tratamentos	Dose i.a (g ha <sup>-1</sup> )	Dose P.C. (L/kg ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante (% v/v/L)	Modalidade de aplicação
T01-Testemunha capinada	----	----	----	----
T02-Testemunha infestada*	----	----	----	----
T03-Imazethapyr + flumioxazin	106 + 50	0,50	----	Pré
T04-Pendimethalin	800	2,00	----	Pré
T05-Flumioxazin	50	0,10	----	Pré
T06-Imazethapyr+flumioxazin+iodosulfuron-methyl	106+50 +5	0,50+0,10	Hoefix	Pré/Pós
T07-Pendimethalin + iodosulfuron-methyl	800+5	2,00+0,10	Hoefix	Pré/Pós
T08-Flumioxazin + iodosulfuron-methyl	50+5	0,10+0,10	Hoefix	Pré/Pós
T09-Imazethapyr + flumioxazin + piroxsulam	106+50+18	0,50+0,40	Veget'Oil	Pré/Pós
T10-Pendimethalin + pyroxsulam	800+18	2,00+ ,40	Veget'Oil	Pré/Pós
T11-Flumioxazin + pyroxsulam	50+18	0,10 +0,40	Veget'Oil	Pré/Pós
T12-Imazethapyr+flumioxazin+metsulfuron-methyl	106+50 +4	0,50+0,006	Dash	Pré/Pós
T13-Pendimethalin + metsulfuron-methyl	800+4	2,00+0,006	Dash	Pré/Pós
T14-Flumioxazin + metsulfuron-methyl	50+4	0,10+0,006	Dash	Pré/Pós
T15-Imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl	106+50+60	0,50+0,25	Assist	Pré/Pós
T16-Pendimethalin + clodinafop-propargyl	800+60	2,00+0,25	Assist	Pré/Pós
T17-Flumioxazin + clodinafop-propargyl	50+60	0,10+0,25	Assist	Pré/Pós

\* No ensaio de seletividade não havia testehuma infestada, somente capinada.

O herbicida imazethapyr + flumioxazin é uma mistura comercial formulada pela empresa detentora das moléculas. Cada herbicida recebeu o adjuvante recomendado pelo respectivo fabricante. Os herbicidas imazethapyr + flumioxazin, pendimethalin e flumioxazin foram aplicados em pré-emergência e, todos os demais,

em pós-emergência da cultura. Alguns dos produtos testados não apresentam registro para serem aplicados em trigo, no entanto mesmo assim foram usados para avaliar a possibilidade de uso no futuro como nova alternativa para o controle químico de plantas daninhas.

As condições ambientais no momento da aplicação dos tratamentos em pré (29/05/2020) e pós-emergência (10/07/2020) das espécies, eram respectivamente, umidade relativa do ar de 40 e 60%, temperatura do solo de 19,7 e 13,6°C, temperatura do ar de 26 e 18°C e ventos de 3,0 - 7,7 e 0 a 8,0 km h<sup>-1</sup>. Para as duas modalidades de aplicação o céu estava aberto e o solo úmido.

### *2.5 Densidades de plantas e estágio de desenvolvimento*

A densidade média de plantas de trigo foi de 47 plantas por metro linear determinadas na fase do início do perfilhamento. Ao se aplicar os herbicidas em pós-emergência, o trigo se encontrava com 3 a 4 perfilhos, o nabo com 4 a 6 folhas e o azevém e a aveia preta com 4 folhas a 1 perfilho, nas densidades de 27, 15 e 18 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente. A densidade das plantas daninhas presentes na área experimental foi aferida no centro das testemunhas infestadas utilizando-se para isso um quadrado de PVC com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>).

### *2.6 Variáveis avaliadas nos experimentos*

As variáveis avaliadas nos experimentos foram fitotoxicidade a cultivar de trigo TBIO Sinuelo, controle das plantas daninhas nabo, azevém e aveia preta, o número de espigas por área (m<sup>2</sup>), comprimento de espigas (cm), números de grãos cheios e estéreis, peso de mil grãos (g), peso hectolitro (kg hl<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). A avaliação de fitotoxicidade foi realizada de forma visual aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT).

O controle das plantas daninhas nabo, azevém e aveia preta foi realizado com a mesma metodologia de fitotoxicidade, aos 7, 14, 21 e 28 DAT. Tanto para avaliar a fitotoxicidade como o controle foram atribuídas notas percentuais, onde zero (0%) corresponde aos tratamentos com ausência de injúrias sobre o trigo ou de eficácia em nabo, azevém e aveia preta e cem (100%) coincidindo com a morte das plantas, conforme a metodologia proposta por Velini et al. (1995).

Aos 25 DAT foram aferidas as variáveis referentes à fisiologia das plantas de trigo, tais como: concentração de CO<sub>2</sub> sub-estomática (Ci - μmol mol<sup>-1</sup>), taxa fotossintética (A - μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática de vapores de água (Gs - mol m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) e taxa de transpiração (E - mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). A eficiência da carboxilação (EC - mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e a eficiência do uso da água (EUA - mol CO<sub>2</sub> mol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/Ci e A/E, respectivamente. Essas variáveis foram determinadas na última folha totalmente expandida do trigo. Para avaliar as variáveis fisiológicas foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), sendo que cada bloco foi avaliado em um dia, 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 (m<sup>2</sup>), 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. 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 o comprimento de espigas.

Após a colheita manual e trilha do trigo em área de 6,8 m<sup>2</sup>, foi determinado o peso hectolitro - PH (kg hl<sup>-1</sup>), a massa de mil grãos (g) e a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). 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 extrapoladas a kg ha<sup>-1</sup>. Para as análises a umidade dos grãos foi ajustada para o teor de 13%.

### *2.7 Análise estatística*

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Teste de Hartley) e após a comprovação da normalidade dos erros realizou-se análise de variância pelo teste F, em sendo significativos aplicou-se o teste de Scott-Knott (p ≤ 0,05).

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados demonstram significância estatística para os tratamentos testados em todas as variáveis avaliadas nos dois experimentos, tanto de seletividade quanto de eficácia.

#### 3.1 Experimento 1 – Avaliação da seletividade de herbicidas aplicados na cultivar de trigo TBIO Sinuelo.

A aplicação em pré-emergência do trigo da mistura formulada de imazethapyr + flumioxazin ocasionou os maiores sintomas de fitotoxicidade à cultura, dos 8 aos 15 DAE (dias após a emergência da cultura), seguida de flumioxazin e pendimethalin (Tabela 2). Estes herbicidas causaram fitotoxicidade às plantas de trigo por essas não conseguiram metabolizar os produtos, ou por fatores físico-químicos relacionados às moléculas, condições de clima, de solo e mesmo época de aplicação ou dose (Deboer et al., 2011). Assim sendo quando a cultura não consegue metabolizar ou degradar e como consequência se livrar dos efeitos tóxicos dos herbicidas a resposta será elevada fitotoxicidade (Piasecki et al., 2017; Raj et al., 2020; Correia; Carvalho, 2021).

O flumioxazin quando aplicado de modo isolado foi o segundo tratamento que mais ocasionou fitotoxicidade ao trigo (Tabela 2). Este herbicida está registrado para a aplicação em pré e pós-emergência sendo indicado para o controle de plantas daninhas infestantes das culturas de soja, feijão, batata, algodão, café, cana-de-açúcar, citros, mandioca, pinus, cebola, alho e milho (Agrofit, 2023). Nota-se que aos 15 DAE resultou em fitotoxicidade abaixo de 17% tornando-se tolerável, ressaltando que o flumioxazin é um produto de contato e a medida que novas folhas da planta vão surgindo ocasionara redução proporcional na área afetada por esse herbicida (Assunção et al., 2017).

**Tabela 2.** Fitotoxicidade (%) à cultivar de trigo TBIO Sinuelo em função da aplicação dos herbicidas na pré-emergência. UFFS, Erechim/RS, ano 2020.

Tratamentos	Fitotoxicidade (%)	
	8 DAE <sup>1</sup>	15 DAE
Testemunha capinada	0,00 d <sup>2</sup>	0,00 d
Imazethapyr + flumioxazin	19,97 a	35,00 a
Pendimethalin	10,51 c	10,41 c
Flumioxazin	13,08 b	16,40 b
Média Geral	10,89	15,45
C.V. (%)	21,37	22,66

<sup>1</sup> Dias após a emergência do trigo. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O pendimethalin, mesmo que não tenha registro para ser aplicado em trigo (Agrofit, 2023) foi o herbicida que menor fitotoxicidade ocasionou a cultura, menor que 11%, tendo superado esse somente a testemunha capinada (Tabela 2). Zepka et al. (2007) relatam que o uso de pendimethalin em pré-emergência na cultura do trigo é viável, em razão que o mesmo não interferiu de forma significativa no potencial fisiológico e germinativo da plântula, assim a cultura não foi prejudicada em crescimento e desenvolvimento.

Os resultados demonstram que a mistura herbicida formulada pela fabrica composta de imazethapyr + flumioxazin, tanto aplicada de modo isolado quando associada aos produtos usados em pós-emergência do trigo, iodosulfuron-methyl, pyroxsulam, metsulfuron-methyl e clodinafop-propargyl, dos 7 aos 28 DAT demonstraram os maiores sintomas de fitotoxicidade à cultura (Tabela 3). A mistura comercial composta por imazethapyr + flumioxazin apresentou uma elevada fitotoxicidade a cultivar do trigo TBIO Sinuelo, provavelmente em razão da cultura não conseguir metabolizar ou degradar os herbicidas, conforme já explicado anteriormente (Piasecki et al., 2017; Correia; Carvalho, 2021)..

O uso de pendimethalin e flumioxazin na pré-emergência do trigo ou mesmo esses associados ao iodosulfuron-methyl, pyroxsulam, metsulfuron-methyl e clodinafop-propargyl aplicados em pós-emergência ocasionaram as menores fitotoxicidades dos 7 aos 28 DAT (Tabela 3). Galon et al. (2021) ao utilizarem os herbicidas pendimethalin, iodosulfuron-methyl, pyroxsulam, metsulfuron-methyl e clodinafop-propargyl

também observaram baixos sintomas de fitotoxicidade a cultivar de trigo TBIO Sinuelo, menores que 8%, o que se assemelha aos dados observados no presente estudo. Assunção et al. (2017) ao trabalharem com o flumioxazin (50 g ha<sup>-1</sup>) na cultura do trigo, observaram as maiores porcentagens de fitotoxicidade, porém foram diminuindo com o passar do tempo.

Observou-se no decorrer do crescimento e do desenvolvimento do trigo redução na média de fitotoxicidade ocasionada pelos herbicidas, nas avaliações efetuadas dos 7 aos 28 DAT (Tabela 3). Esse fato demonstra que o trigo apresenta capacidade de metabolizar os sintomas de injúrias provocados por alguns herbicidas com o passar do tempo (Piasecki et al., 2017). Rudell et al. (2021), ao realizar experimento com as cultivares TBIO Sinuelo e TBIO Toruk, ambas apresentaram redução de fitotoxicidade com o passar do tempo, ao se aplicar os herbicidas 2,4-D e iodosulfuron – methyl, o que pode ser observado também neste experimento.

Os resultados relacionados aos componentes de rendimento de grãos do trigo demonstram que os herbicidas imazethapyr + flumioxazin e flumioxazin aplicados em isolado na pré-emergência ou esses produtos com o uso de pyroxsulam e de clodinafop-propargyl na pós-emergência apresentaram os maiores números de espigas m-2, respectivamente (Tabela 4). Os demais tratamentos testados, inclusive a testemunha capinada demonstram o menor número de espigas. Esse fato ocorreu em razão que a cultura foi capaz de reverter as injúrias que os herbicidas causaram, sem que houvesse alteração na produtividade. E além do mais quando a planta sofre fitotoxicidade, a mesma desencadeia mecanismos de defesa, havendo maior gastos de energia (fotossíntese) para conseguir metabolizar o herbicida, emitindo assim novas folhas livres de fitotoxicidade (Agostinetto et al., 2016; Raj et al., 2020; Tamagno et al., 2022). Alguns estudos tem relatado a ocorrência de diferenças de resultados quanto ao número de espigas em trigo em virtude da aplicação de herbicidas (Bari et al., 2020; Zakariyya et al., 2022) e que isso deve-se as características genéticas das cultivares e também a seletividade do próprio produto utilizado (Ramos et al., 2021).

**Tabela 3.** Fitotoxicidade (%) a cultivar de trigo TBIO Sinuelo em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Tratamentos	Fitotoxicidade ao trigo (%)			
	7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Testemunha capinada	0,00 g <sup>2</sup>	0,00 e	0,00 g	0,00 f
Imazethapyr + flumioxazin	39,44 a	27,50 b	29,90 a	24,17 b
Pendimethalin	4,17 f	0,00 e	0,00 g	0,00 f
Flumioxazin	10,00 e	10,88 c	9,08 e	0,00 f
Imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron – methyl	39,40 a	27,50 b	25,83 b	25,00 b
Pendimethalin + iodosulfuron – methyl	10,33 e	10,00 c	8,05 e	0,00 f
Flumioxazin + iodosulfuron – methyl	12,50 d	9,89 c	9,10 d	9,26 d
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam	30,88 c	29,44 b	25,00 b	17,50 c
Pendimethalin + pyroxsulam	10,17 e	7,83 d	5,00 f	0,83 f
Flumioxazin + pyroxsulam	9,66 e	10,94 c	10,01 d	8,10 e
Imazethapyr + flumioxazin+ metsulfurom - methyl	30,49 c	27,50 b	24,17 b	30,00 a
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	11,80 d	8,00 d	0,00 g	0,00 f
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	10,27 e	8,00 d	5,89 f	0,00 f
Imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl	38,33 b	34,17 a	22,50 c	24,17 b
Pendimethalin + clodinafop-propargyl	12,00 d	10,00 c	9,98 d	7,83 e
Flumioxazin + clodinafop-propargyl	10,00 e	9,00 d	9,23 d	0,00 f
Média Geral	17,47	14,42	12,20	9,17
C.V. (%)	3,72	9,17	7,42	9,31

<sup>1</sup> Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O comprimento de espigas do trigo foi maior para os herbicidas imazethapyr + flumioxazin + metsulfuron-methyl, imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam, pendimethalin + pyroxsulam e a testemunha capinada, ao se comparar com os demais tratamentos (Tabela 5). Os tratamentos envolvendo a aplicação de flumioxazin + metsulfuron-methyl, imazethapyr + flumioxazin + metsulfuron-methyl, imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam e imazethapyr + flumioxazin foram os que expressaram os maiores números de grãos cheios por espigas, inclusive superior a testemunha capinada (Tabela 4). Quando a cultura apresenta seletividade, a mesma pode sofrer injúrias por consequência da aplicação dos herbicidas, entretanto seu metabolismo é capaz com o passar do tempo de superar essa fitotoxicidade do produto e retornar ao seu metabolismo inicial, fazendo com que não ocorra interferência negativa no crescimento e desenvolvimento (Agostinetto et al., 2016; Piasecki et al., 2017; Tamagno et al., 2022) das plantas ou mesmo em componentes de rendimento, como exemplo o comprimento de espigas (Zakariyya et al., 2022).

O número de grãos estéreis por espigas de trigo foi menor ao se aplicar o flumioxazin e o imazethapyr + flumioxazin + metsulfuron-methyl ao se comparar com todos os demais tratamentos (Tabela 4). Para que se tenha elevada produtividade no rendimento de grãos, fatores como o genótipo da cultura interferem negativamente em relação a aplicação de herbicidas podendo levar a grandes perdas. Pesquisa feita com a cultivar de trigo Iguazu (Piasecki et al., 2017), verificaram menores produtividades diante da aplicação dos herbicidas metsulfuron-methyl (6 e 9 g ha<sup>-1</sup>) e piroxsulam (dose de bula), o que consequentemente ocasionou interferência no rendimento final. Galon et al. (2015) ao testarem diferentes herbicidas com distintos mecanismos de ação (inibidores de ACCase, ALS, auxina sintética e fotossíntese II), encontraram maior número de grãos cheios e menos grãos estéreis na cultivar de trigo TBIO Quartzo ao se comparar com a TBIO Pioneiro.

**Tabela 4.** Efeito de herbicidas no número de espigas m<sup>-2</sup> (N. espigas m<sup>-2</sup>) comprimento de espigas (Comprimento espigas – cm), número de grãos cheios, número de grãos estéreis da cultivar de trigo TBIO Sinuelo. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Tratamento	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
	N. espigas (m <sup>-2</sup> )	Comprimento espigas (cm)	Grãos cheios	Grãos estéreis
Testemunha capinada	100,00 h <sup>1</sup>	8,08 b	39,01 f	7,50 a
Imazethapyr + flumioxazin	121,30 b	7,60 h	38,04 b	6,54 b
Pendimethalin	85,01 j	7,50 e	38,04 h	6,54 b
Flumioxazin	116,53 d	7,80 d	40,37 d	5,35 c
Imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron - methyl	120,17 c	7,30 f	39,14 f	7,29 a
Pendimethalin + iodosulfuron - methyl	110,62 f	7,83 d	38,74 g	7,30 a
Flumioxazin + iodosulfuron - methyl	113,51 e	7,90 c	40,30 d	6,27 b
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam	127,83 a	8,16 b	41,03 b	7,66 a
Pendimethalin + pyroxsulam	113,40 e	8,14 b	40,34 d	7,58 b
Flumioxazin + pyroxsulam	117,49 d	7,97 c	39,90 e	6,87 a
Imazethapyr + flumioxazin+ metsulfuron - methyl	83,46 k	8,29 a	41,30 a	5,68 c
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	94,05 i	7,25 d	40,61 c	7,49 a
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	103,53 g	7,70 d	41,37 a	6,14 b
Imazethapyr + flumioxazin + clodinafop – propargyl	117,64 d	7,72 d	7,72 d	6,40 b
Pendimethalin + clodinafop – propargyl	111,50 f	7,59 e	38,80 g	6,40 b
Flumioxazin + clodinafop – propargyl	122,21 b	7,50 e	39,05 f	7,38 a
Média Geral	109,90	7,81	39,70	6,75
C.V. (%)	0,71	1,27	0,42	6,00

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



A aplicação de flumioxazin + metsulfuron-methyl, pendimethalin + metsulfuron-methyl e pendimethalin + pyroxsulam apresentaram o maior peso de mil grãos (PMG) em relação aos demais tratamentos (Tabela 5). A metabolização do metsulfuron-methyl no trigo acontece por hidroxilação juntamente com glicose, sendo que este processo é através de monooxigenação do citocromo P450 e pela junção da glicosiltransferase, na qual está associado com a dose do herbicida. Quando há grande quantidade de herbicida ocorre impedimento do funcionamento da enzima ALS e injúrias no trigo, com consequente perda do peso de mil grãos e da produtividade de grãos (Carvalho et al., 2009) fato este que não ocorreu neste experimento. Balem et al. (2021) ao avaliarem o PMG em trigo, com aplicação de diferentes herbicidas, relataram que o clodinafop-propargil, pyroxsulam e o iodosulfuron-methyl apresentaram a melhor resposta diante desta variável, igualando-se estatisticamente a testemunha capinada.

Já o pyroxsulam no trigo a seletividade é através da absorção e translocação, além da metabolização rápida pela P450 por meio da O-dealquilação do anel aromático (Deboer et al., 2011). Sendo esse seletivo para a cultura não ocasionou redução na produtividade, bem como no PMG. Resultado semelhante foi descrito por Colombo et al., (2022) onde em condições adequadas de aplicação do pyroxsulam na cultura do trigo resultou em maiores produtividades. O PMG é de grande relevância para expressar a qualidade dos grãos da cultura e desse modo os tratamentos que demonstraram maiores valores dessa variável irão consequentemente apresentarem um trigo de melhor qualidade.

Na variável peso hectolitro (PH), verificou-se que os tratamentos com flumioxazin + metsulfuron-methyl, flumioxazin + pyroxsulam e pendimethalin + iodosulfuron-methyl foram os que apresentaram os resultados superiores aos demais (Tabela 5). Ressalta-se que esta variável tem a ver com a classificação e comercialização do trigo, sendo que o PH quanto mais alto maior será o rendimento da farinha destinado a panificação (Ormond et al., 2013). O peso hectolitro é utilizado na classificação e comercialização do trigo, estando relacionado à uniformidade, forma, densidade e ao tamanho do grão, ao conteúdo de matérias estranhas e aos grãos quebrados da amostra. Para a classificação e comercialização do trigo como tipo 1, o valor mínimo para o peso hectolitro é de 78 kg hL<sup>-1</sup> (Nunes et al., 2011).

**Tabela 5.** Efeito de herbicidas no peso de mil grãos (PMG - g), peso hectolitro (PH - kg hl<sup>-1</sup>), e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) da cultivar de trigo TBIO Sinuelo. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Tratamentos	Componentes de rendimentos do trigo		
	PMG (g)	PH (kg hl <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha capinada	12,59 e <sup>1</sup>	77,03 d	3670,07 d
Imazethapyr + flumioxazin	11,95 h	74,32 f	3523,92 g
Pendimethalin	12,66 e	78,76 b	3492,33 h
Flumioxazin	12,80 d	78,02 c	3589,16 f
Imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron – methyl	12,62 e	72,66 g	2916,83 l
Pendimethalin + iodosulfuron – methyl	12,74 d	79,17 a	3721,60 b
Flumioxazin + iodosulfuron – methyl	12,74 g	77,98 c	3627,76 e
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam	12,29 g	74,09 f	3033,49 j
Pendimethalin + pyroxsulam	13,20 b	78,38 b	3424,70 i
Flumioxazin + pyroxsulam	12,89 d	79,25 a	3437,66 i
Imazethapyr + flumioxazin+ metsulfuron - methyl	12,45 f	72,14 h	3036,60 j
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	13,58 a	77,79 c	3632,19 e
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	13,55 a	79,50 a	3592,87 f
Imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl	12,48 f	78,84 b	3950,90 a
Pendimethalin + clodinafop – propargyl	13,04 c	78,84 b	3005,92 k
Flumioxazin + clodinafop – propargyl	12,83 d	76,33 e	3699,90 c
Média Geral	12,77	76,62	3459,74
C.V. (%)	0,72	0,45	0,36

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observou-se que os melhores PHs para a produção de farinha do tipo 1 foram obtidos com as aplicações de pendimethalin, flumioxazin, pendimethalin + iodosulfuron-methyl, pendimethalin + pyroxsulam, flumioxazin + pyroxsulam, flumioxazin + metsulfuron-methyl, imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl e pendimethalin + clodinafop-propargyl, sendo esses tratamentos os que mais se adequam à qualidade industrial (Tabela 5). O que demonstrou menor PH, abaixo de 75 kg hl<sup>-1</sup>, foram todos os tratamentos que tiveram associação com a mistura comercial de imazethapyr + flumioxazin, exceto o imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl. Ressalta-se que imazethapyr + flumioxazin é uma mistura comercial não registrada para ser aplicada em trigo, a qual demonstrou ainda elevada fitotoxicidade à cultura e talvez tenha isso ocasionado os menores índices de PH. Tavares et al. (2018) ao aplicarem os herbicidas paraquat ou glufosinato de amônio também constataram a ocorrência de menor PH nas cultivares de trigo BRS Umbu e BRS 177, o que se assemelha ao resultado encontrado no presente estudo.

Os tratamentos que demonstram maior produtividade de grãos de trigo foram as aplicações dos herbicidas imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl e pendimethalin + iodosulfuron-methyl ao se comparar com os demais (Tabela 5). Estes resultados foram superiores até mesmo a testemunha capinada e também em relação aos demais tratamentos que manifestaram produtividade abaixo ou intermediária. Os herbicidas apresentam interferência que podem ser indiretas e/ou direta no desenvolvimento e crescimento das plantas, por mais que os produtos apresentam fitotoxicidade no trigo em muitos casos a cultura conseguir metabolizar e assim mantém a produtividade de grãos (Agostinetti et al., 2016; Piasecki et al., 2017; Galon et al., 2021).

O fato da testemunha capinada demonstrar 9,3% de produtividade média de grãos de trigo inferior que os dois melhores tratamentos herbicidas (imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl e pendimethalin + iodosulfuron-methyl) ocorre em função de que as capinas danificam as plantas, incluído as suas raízes, além de não se ter o controle na linha de semeadura do trigo. Outro problema é que se no momento das operações de

limpeza ou mesmo após a capina ocorrer chuvas pode favorecer o rebrote/pegamento das plantas daninhas e essas virem a competir novamente com a cultura. Além disso, o uso do método mecânico de controle (capina) em lavouras de trigo é oneroso, pouco eficiente e demanda excesso de mão de obra, o que gera elevados custos, se comparado ao método químico de controle. Esse fato também foi relatado por Galon et al. (2021) ao trabalharem com o manejo de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo com tratamentos envolvendo herbicidas e capinas.

Os tratamentos herbicidas envolvendo a mistura composta de imazethapyr + flumioxazin reduziram em média 7% a produtividade de grãos do trigo, ao se comparar com a média dos demais produtos aplicados a cultivar de trigo TBIO Sinuelo (Tabela 5). Esse fato está relacionado, principalmente com os elevados índices de fitotoxicidade ocasionado pelos tratamentos que envolveram o uso do imazethapyr + flumioxazin aplicados na pré-emergência do trigo (Tabelas 2 e 3), conforme já explicado anteriormente. Mesmo que outros herbicidas tenham ocasionado elevada injúria ao trigo, até os 15 DAE (Tabela 2), a cultura conseguiu se recuperar dos sintomas a tempo de expressar elevada produtividade de grãos.

Ao se analisar todos os componentes de rendimento de grãos da cultivar de trigo TBIO Sinuelo observou-se que a aplicação de pendimethalin + iodosulfuron-methyl em geral apresentam maior número de espigas, comprimento de espigas, número de grãos cheios, peso de mil grãos, peso hectolitro, produtividade de grãos e menor número de grãos estéreis que a testemunha capinada (Tabela 4). Isso pode ser explicado pelo fato deste tratamento herbicida ter apresentado baixa fitotoxicidade, ou a cultura conseguiu reverter os danos ocasionados pelo mesmo, chegando a 0% aos 28 DAT (Tabela 3) e manter assim a produtividade elevada. Estudos de Piasecki et al. (2017) e Raj et al. (2020) utilizando herbicidas de diversos mecanismos de ação encontraram resultados semelhantes que corroboram com os relatados no presente trabalho.

Levando-se em conta os níveis de fitotoxicidade e o efeito dos herbicidas sobre os componentes de rendimento de grãos do trigo observou-se que determinados produtos testados podem ser utilizados na cultura, sem que tenham ocasionado efeitos negativos, como o pendimethalin + iodosulfuron-methyl, mesmo que o pendimethalin não apresente registros para uso. Ressalta-se, no entanto, que mais estudos similares a esse precisam ser efetuados para se indicar os produtos com maior segurança, principalmente aqueles que não apresentam recomendação e registro de uso na cultura do trigo.

Aos 25 DAT avaliou-se as respostas fisiológicas do trigo pela aplicação dos herbicidas (Tabela 6). Observou-se que o pendimethalin + pyroxsulam apresentou maior concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), menor transpiração, condutância estomática, taxa fotossintética (A), uso eficiente da água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) ao se comparar com os demais tratamentos ou mesmo com a testemunha capinada. Os demais tratamentos apresentaram resultados inferiores ou mesmo ficaram em patamares intermediários ao pendimethalin + pyroxsulam ou mesmo a testemunha capinada. Essas reduções nos parâmetros fotossintéticos referem-se ao estresse oxidativo que o herbicida ocasionou a cultura (Agostinetto et al., 2016a). Este estresse está envolvido com o fluxo de elétrons durante a etapa fotoquímica da fotossíntese, onde o excesso de elétrons que se ligam com os oxigênios reativos provoca estresse oxidativo, conforme observado em trigo (Carvalho et al., 2009; Agostinetto et al., 2016).

Além do mais o herbicida pyroxsulam pertence ao grupo químico das sulfonilureia, que ocasiona a paralização da síntese de aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina, (Agrofit, 2023). Mesmo que os herbicidas inibidores de ALS não influenciem diretamente na fotossíntese, possuem efeitos indiretos e secundários nos processos fisiológicos das plantas (Agostinetto et al., 2016; Tamagno et al., 2022).

Resultados similar ao observado no presente estudo ocorreu com a aplicação de metsulfuron-methyl na cultivar de trigo Quartzo, com a estresse oxidativo e consequentemente diminuição da condutância estomática e da taxa fotossintética (Agostinetto et al., 2016).

A taxa fotossintética está relacionada com a toxicidade do herbicida e consequentemente quando há redução na fixação de CO<sub>2</sub> ocorre a interferência no desenvolvimento da cultura e também na produtividade (Su et al., 2018). Fato esse também observado no presente estudo onde o tratamento envolvendo o pendimethalin + pyroxsulam apresentou produtividade de grãos do trigo que ficou entre as mais baixas, ou cerca de 17% inferior a testemunha capinada (sem uso de herbicida). Su et al. (2018) ao trabalharem com efeito de herbicidas em plantas também constataram que alguns dos produtos ocasionaram baixa produtividade em relação as respostas fisiológicas em razão da toxicidade e/ou estresse oxidativo ocasionado nas culturas.

**Tabela 6.** Efeito de herbicidas nas características fisiológicas, concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*, μmol mol<sup>-1</sup>), taxa transpiratória (*E*, mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (*GS*, mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa fotossintética (*A*, μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), eficiência no uso da água das plantas (*EUA* - mol mol<sup>-1</sup>), eficiência de carboxilação (*EC* - mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) da cultivar de trigo TBIO Sinuelo. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Tratamentos	Variáveis fisiológicas					
	CI	E	GS	A	EUA	EC
Testemunha capinada	265,05 i <sup>1</sup>	3,06 c	0,48 b	20,29 c	7,18 a	0,08 a
Imazethapyr + flumioxazin	267,64 h	2,90 d	0,44 c	19,10 d	6,67 b	0,07 b
Pendimethalin	278,39 d	3,29 a	0,50 a	21,85 b	6,38 b	0,08 a
Flumioxazin	276,45 e	3,32 a	0,50 a	19,38 d	6,22 b	0,07 a
Imazethapyr+flumioxazin+iodosulfuron-methyl	278,37 d	2,98 c	0,38 d	17,06 f	5,55 c	0,06 c
Pendimethalin + iodosulfuron - methyl	268,34 h	2,99 c	0,38 d	18,63 e	6,45 b	0,07 b
Flumioxazin + iodosulfuron - methyl	279,01 c	3,09 c	0,44 c	10,13 d	6,40 b	0,07 b
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam	279,44 c	2,95 c	0,42 c	18,69 e	6,64 b	0,06 b
Pendimethalin + pyroxsulam	304,18 a	2,90 d	0,45 b	17,25 f	4,57 d	0,05 c
Flumioxazin + pyroxsulam	276,15 e	3,06 c	0,51 a	21,84 b	6,77 b	0,07 a
Imazethapyr+flumioxazin+metsulfuron-methyl	269,62 g	2,78 e	0,41 c	20,06 c	7,34 a	0,08 a
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	274,42 f	3,16 b	0,49 a	20,37 c	6,55 b	0,07 b
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	278,24 d	3,36 a	0,46 b	22,30 a	6,65 b	0,08 a
Imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl	286,62 b	2,78 e	0,43 c	20,50 c	6,51 b	0,07 b
Pendimethalin + clodinafop – propargyl	274,27 f	3,22 b	0,47 b	20,38 c	6,84 b	0,07 b
Flumioxazin + clodinafop – propargyl	274,44 f	3,36 a	0,48 b	19,43 d	6,40 b	0,07 b
Média Geral	276,01	3,08	0,45	19,76	6,44	0,07
C.V. (%)	0,21	2,80	3,83	1,37	4,11	5,54

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### 3.2 Experimento 2 – Avaliação da eficácia de herbicidas aplicados em trigo para o controle de nabo, azevém e aveia preta.

O controle de nabo (*Raphanus raphanistrum*) com o uso somente dos herbicidas pré-emergentes foi melhor ao se aplicar imazethapyr+flumioxazin e flumioxazin aos 8 e 15 DAE (dias após a emergência), no entanto inferior a testemunha capinada (Tabela 7). Os tratamentos evidenciaram controle acima de 80%, para o flumioxazin e a mistura comercial composta por imazethapyr+flumioxazin. Sabe-se que o nabo é resistente aos herbicidas inibidores da enzima ALS (Heap, 2023) e desse modo o flumioxazin misturado ao imazethapyr vem a auxiliar no manejo dessa planta daninha. Barros; Calado (2020) também relatam que a aplicação de herbicidas em misturas com diferentes mecanismos de ação apresentou potencial de melhorar o controle de plantas daninhas, especialmente as resistentes. Observou-se para o pendimethalin que esse apresentou controle do nabo somente superior a testemunha infestada. O herbicida pendimethalin não apresenta registro para o controle de nabo e por esse motivo não se esperava eficiência do produto (Agrofit, 2023).

Os resultados demonstram para o controle de azevém que nem um tratamento apresentou desempenho satisfatório aos 8 DAE, com porcentagem abaixo de 80% (Tabela 7). Ressalta-se que 80% é a porcentagem mínima necessária para que determinado herbicida possa ser recomendado para o controle de plantas daninhas infestantes de culturas (Oliveira et al., 2009). Somente o tratamento envolvendo o imazethapyr + flumioxazin aos 15 DAE apresentou controle de azevém considerado suficiente, ou seja, acima de 80%. O azevém possui resistência aos herbicidas inibidores de ACCase, ALS e EPSPs (Heap, 2023). Este controle eficaz está associado ao sinergismo que ocorre quando se mistura princípios ativos com mecanismos de ação distintos favorecendo assim o controle de plantas daninhas, em especial as resistentes (Barros; Calado, 2020; Galon et al., 2021). Estudo feito por Galon et al., (2015) em trigo usando-se as misturas dos herbicidas imazethapyr + imazapic

constataram controle de azevém acima de 91%, aos 14 DAT. No entanto controles inferiores a 80% torna-se preocupantes, pelo fato do nabo e do azevém serem muito competitivos com as culturas e ainda apresentarem resistência a vários herbicidas usados para o controle dessas espécies infestantes de lavouras de inverno.

**Tabela 7.** Controle de nabo e de azevém (%) infestantes à cultivar de trigo TBIO Sinuelo em função da aplicação dos herbicidas na pré-emergência. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Tratamentos	Controle de nabo (%)		Controle de azevém (%)	
	8 DAE <sup>1</sup>	15 DAE	8 DAE	15 DAE
Testemunha capinada	100,00 a <sup>2</sup>	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Testemunha infestada	0,00 e	0,00 e	0,00 c	0,00 e
Imazethapyr + flumioxazin	84,57 c	91,41 b	69,99 b	80,54 b
Pendimethalin	43,81 d	37,00 d	67,94 b	74,63 c
Flumioxazin	86,85 b	83,86 c	67,31 b	59,89 d
Média Geral	63,05	62,85	61,05	63,01
C.V. (%)	3,48	4,21	7,27	4,41

<sup>1</sup> Dias após a emergência do trigo. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados demonstram que o imazethapyr+flumioxazin, imazethapyr+flumioxazin+iodosulfuron-methyl, flumioxazin+iodosulfuron-methyl, imazethapyr+flumioxazin+pyroxsulam, flumioxazin+pyroxsulam, imazethapyr+flumioxazin+metsulfuron-methyl e flumioxazin+metsulfuron-methyl demonstraram os melhores controle de nabo, em todas as épocas de avaliação (7, 14, 21, 28 e FLO), mesmo que estatisticamente ficaram em algumas situações abaixo da testemunha capinada. Porém esses mesmos tratamentos chegaram com controle superior a 99% no florescimento da planta daninha (Tabela 8). Observou-se que com o passar do tempo os herbicidas foram aumentando o índice de controle do nabo, especialmente aqueles pertencentes aos inibidores de ALS que demonstram efeito de controle de forma mais tardia quando comparados a outros produtos. Balem et al. (2021) também observaram que a taxa de eficácia dos herbicidas pyroxsulam e iodosulfuron-methyl, para controlar o nabo aumentou com o passar do tempo, corroborando com os resultados do presente estudo.

Alguns tratamentos demonstram os melhores controles de nabo após os 21 DAT, especialmente os herbicidas pertencentes aos inibidores de ALS, como o que se observou ao se aplicar em pré-emergência o pendimethalin e associado a esse os pós-emergentes iodosulfuron-methyl, pyroxsulam e metsulfuron-methyl (Tabela 8). Conforme já explicado anteriormente, os herbicidas pertencentes aos inibidores de ALS demoram mais tempo para ocasionar os efeitos de controle, fato esse também constatado por Galon et al., (2021). Salienta-se que os herbicidas pendimethalin e clodinafop-propargyl não estão registrados para o controle do nabo (Agrofit, 2023), desta maneira os mesmos apresentaram menor eficácia ou até mesmo ausência de controle.

Os resultados demonstram que os herbicidas imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl, pendimethalin+clodinafop-propargyl e flumioxazin+clodinafop-propargyl foram os tratamentos que melhor controlaram o azevém, dos 7 aos 28 DAT, sendo que na última avaliação (28 DAT) equivaleram-se a testemunha capinada, com 100% de controle (Tabela 9). Os demais tratamentos, para todas as épocas avaliadas, demonstram controle inferior do azevém, sendo em muitos casos iguais a testemunha infestada ou somente superiores a essa. A provável causa dos tratamentos imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl, pendimethalin+ clodinafop-propargyl e flumioxazin+clodinafop-propargyl demonstrarem o melhor controle do azevém deve-se ao uso do clodinafop-propargyl associado aos demais produtos, já que essa molécula demonstra-se muito eficiente no controle dessa planta daninha em lavouras de trigo. De acordo com Galon et al. (2021) o herbicida clodinafop-propargyl apresenta eficácia no controle do azevém superior a 91% aos 28 DAT, o que se assemelha aos resultados do presente estudo.

**Tabela 8.** Controle de nabo (*Raphanus raphanistrum*) infestante da cultivar de trigo TBIO Sinuelo, em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Erechim/RS, ano 2020.

Tratamentos	Controle de nabo (%)				
	7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	FLO
Testemunha capinada	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	0,00 i	0,00 k	0,00 h	0,00 g	0,00 d
Imazethapyr + flumioxazin	88,00 d	92,64 c	89,61 c	87,83 d	99,03 b
Pendimethalin	0,00 i	29,64 j	0,00 h	0,00 g	0,00 d
Flumioxazin	77,50 f	84,86 f	84,62 f	76,33 f	0,00 d
Imazethapyr+flumioxazin+iodosulfuron–methyl	90,55 d	91,00 d	93,99 b	100 a	100 a
Pendimethalin + iodosulfuron – methyl	70,13 h	58,33 g	84,00 f	99,11 b	100 a
Flumioxazin + iodosulfuron – methyl	87,92 d	87,57 e	88,67 d	100 a	100 a
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam	94,92 b	94,66 b	99,26 a	100 a	100 a
Pendimethalin + pyroxsulam	72,50 g	50,00 h	80,22 g	89,00 c	100 a
Flumioxazin + pyroxsulam	85,08 e	87,50 e	90,14 c	100 a	100 a
Imazethapyr+flumioxazin+metsulfurom-methyl	94,75 b	90,83 d	100 a	100 a	100 a
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	74,17 g	60,00 g	86,00 e	99,17 a	100 a
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	87,58 d	87,64 e	99,72	100 a	100 a
Imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl	92,50 c	90,00 d	90,20 c	80,19 e	74,80 c
Pendimethalin + clodinafop-propargyl	0,00 i	38,89 i	0,00 h	0,00 g	0,00 d
Flumioxazin + clodinafop-propargyl	77,50 f	84,25 f	84,95 f	87,75 d	0,00 d
Média Geral	70,18	72,22	74,79	77,08	69,05
C.V. (%)	2,09	1,93	0,74	0,72	0,46

<sup>1</sup> DAT: Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. FLO: florescimento da planta daninha.

No florescimento do azevém observou-se que somente pendimethalin+clodinafop-propargyl e flumioxazin + clodinafop-propargyl demonstram elevado controle da planta daninha, acima de 99% igualando-se estatisticamente a testemunha capinda (Tabela 9). Os demais tratamentos demonstraram controle inferior ou superior novamente a testemunha infestada. O clodinafop-propargyl demonstrou o controle total do azevém após duas semanas da aplicação, sendo que esse herbicida controla especificamente gramíneas na pós-emergência da cultura do trigo (Agrofit, 2023). Há relato de controle acima de 80% de azevém, ao ser aplicado 20 g ha<sup>-1</sup> de clodinafop-propargyl, quando essa espécie daninha infestou o trigo (Trezzi et al., 2007), assemelhando-se assim com os resultados do presente estudo. Os herbicidas que demonstraram baixo controle de azevém deve-se ao fato de não apresentarem registro para o controle dessa planta daninha ou em muitos casos essa espécie ser resistente aos produtos, como os inibidores de ALS (Heap, 2023).

Em relação ao controle de aveia preta (*Avena strigosa*), observou-se que os tratamentos imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron-methyl, imazethapyr + flumioxazin + piroxsulam, imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl, pendimethalin + clodinafop-propargyl e flumioxazin + clodinafop-propargyl apresentam os melhores controles dos 7 DAT até o florescimento da planta daninha (Tabela 10). Isso pode estar correlacionado com a eficiência dos produtos quando aplicados em aveia preta, sendo essa espécie sensível aos mesmos, não conseguindo metabolizar ou degradar os produtos no decorrer do tempo. Mahmood et al. (2013) ao testarem diferentes herbicidas (inibidores de ALS e ACCase) para o controle de plantas daninhas, e dentre essas a aveia silvestre (*Avena fatua*) constaram que essa espécie demonstrou elevada sensibilidade aos herbicidas, assemelhando-se assim aos resultados do presente estudo.

No florescimento da aveia preta, além dos tratamentos imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron-methyl, imazethapyr + flumioxazin + piroxsulam, imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl, pendimethalin + clodinafop-propargyl e flumioxazin + clodinafop-propargyl, destaca-se ainda imazethapyr + flumioxazin,

pendimethalin+iodosulfuron-methyl, flumioxazin+iodosulfuron-methyl e flumioxazin+pyroxsulam que demonstraram controle superior a 94%, índice esse considerado bom. Esse fato provavelmente ocorreu pela melhor identificação da aveia preta quando em floração, pois antes desse estágio era difícil a diferenciação dela com o azevém e até mesmo com o próprio trigo.

**Tabela 9.** Controle de azevém (*Lolium multiflorum*) infestante da cultivar de trigo TBIO Sinuelo em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Erechim/RS, ano 2020.

Tratamentos	Controle de azevém (%)				
	7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	FLO
Testemunha capinada	100 a <sup>2</sup>	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	0,00 j	0,00 k	0,00 i	0,00 f	0,00 h
Imazethapyr + flumioxazin	64,36 h	75,42 d	68,52 f	50,04 e	0,00 h
Pendimethalin	0,00 j	68,52 f	0,00 i	0,00 f	0,00 h
Flumioxazin	0,00 j	40,00 j	0,00 i	0,00 f	0,00 h
Imazethapyr+flumioxazin+iodosulfuron-methyl	70,83 f	80,33 c	74,17 d	73,33 b	0,00 h
Pendimethalin+iodosulfuron-methyl	69,49 g	69,81 e	67,50 f	60,01 d	37,77 e
Flumioxazin+iodosulfuron-methyl	74,72 e	69,17 f	64,72 g	62,50 c	73,11 c
Imazethapyr+flumioxazin+pyroxsulam	76,14 d	85,00 b	70,00 e	74,49 b	36,17 f
Pendimethalin + pyroxsulam	74,86 e	61,66 h	60,56 h	74,49 b	22,86 g
Flumioxazin + pyroxsulam	60,00 i	60,00 i	60,00 h	60,00 d	40,00 d
Imazethapyr+flumioxazin+metsulfuron-methyl	70,83 f	60,00 i	67,50 f	50,00 e	0,00 h
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	0,00 j	70,00 e	0,00 i	0,00 f	0,00 h
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	0,00 j	65,28 g	0,00 i	0,00 f	0,00 h
Imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl	90,00 b	84,72 b	91,08 b	100 a	76,64 b
Pendimethalin + clodinafop-propargyl	85,50 c	74,44 d	88,30 c	100 a	99,69 a
Flumioxazin + clodinafop-propargyl	85,00 c	70,83 e	90,00 b	100 a	99,00 a
Média Geral	54,22	67,95	53,08	52,52	34,43
C.V. (%)	0,80	1,05	2,14	2,13	2,43

<sup>1</sup> DAT: Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. FLO: florescimento da planta daninha.

A mistura comercial composta pelos herbicidas imazethapyr + flumioxazin não apresenta registro à cultura do trigo, contudo demonstra potencial de controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas (AGROFIT, 2023). Isso se deve ao fato que o flumioxazin e imazethapyr possuem mecanismo de ação distintos resultando em efeito sinérgico, ou seja, aumento de absorção e/ou translocação e redução da taxa metabólica das plantas alvo (Agostinetto et al., 2016; Tamagno et al., 2022).

Observou-se ainda que o tratamento em que se usou o herbicida flumioxazin aplicado de modo isolado não demonstrou a mesma porcentagem de controle do que quando em mistura com o imazethapyr em todas as épocas avaliadas, dos 7 DAT ao florescimento do nabo, azevém e aveia preta (Tabelas 8, 9 e 10). Esse fato deve-se ao melhor efeito de controle (sinergismo) quando se associa herbicidas de diferentes mecanismos de ação para o controle de plantas daninhas, conforme já destacado também por Agostinetto et al., (2016).

Todos os tratamentos que tiveram o uso de clodinafop-propargyl na pós-emergência apresentaram controle de 100% da aveia preta, na época do florescimento da planta daninha (Tabela 9). O clodinafop-propargyl apresenta registro para o controle de aveia preta infestante do trigo (Agrofit, 2023) e ainda pela sensibilidade que essa espécie apresenta ao referido herbicida, por esse motivo ocorreu ótimo controle da planta daninha. Esse fato corrobora com estudo efetuado por Vargas e Roman (2005) ao observarem controle de 98% da aveia preta aos 40 DAT, assemelhando-se assim aos dados observados na presente pesquisa. A eficiência de controle do

clodinafop-propargyl deve-se ao fato que esse herbicida pertence ao grupo que inibe a enzima Acetil-CoA carboxilase (ACCase), sendo recomendado o uso para o controle de gramíneas, que ao entrar em contato com a planta daninha se transloca pelo floema e se concentra nos pontos de crescimentos das plantas suscetíveis, fazendo com que ocorra a morte (Piasecki et al., 2017).

**Tabela 10.** Controle de aveia preta (*Avena strigosa*) infestante da cultivar de trigo TBIO Sinuelo em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Erechim/RS, ano 2020.

Tratamentos	Controle de aveia preta (%)				
	7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	FLO
Testemunha capinada	100 a <sup>2</sup>	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	0,00 g	0,00 k	0,00 g	0,00 g	0,00 d
Imazethapyr + flumioxazin	80,00 d	89,73 b	87,28 e	88,04 e	99,26 b
Pendimethalin	0,00 g	33,14 j	0,00 g	0,00 g	0,00 d
Flumioxazin	0,00 g	49,81 h	0,00 g	0,00 g	0,00 d
Imazethapyr+flumioxazin+iodosulfuron-methyl	85,28 d	88,22 c	90,00 d	90,00 d	99,00 b
Pendimethalin+iodosulfuron-methyl	80,44 d	50,73 h	85,00 f	89,00 d	99,44 b
Flumioxazin + iodosulfuron – methyl	80,00 d	80,47 d	85,00 f	89,93 d	99,58 b
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam	82,50 e	90,04 b	90,00 d	94,17 c	94,13 c
Pendimethalin + pyroxsulam	80,00 d	60,01 g	86,00 f	89,00 d	100 a
Flumioxazin + pyroxsulam	75,83 f	74,97 f	87,83 e	86,42 f	99,00 b
Imazethapyr+flumioxazin+metsulfuron-methyl	84,17 d	89,72 b	87,97 e	88,07 e	0,00 d
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	0,00 g	48,33 i	0,00 g	0,00 g	0,00 d
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	0,00 g	80,83 d	0,00 g	0,00 g	0,00 d
Imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl	95,00 b	90,00 b	97,50 b	98,33 b	100 a
Pendimethalin + clodinafop-propargyl	88,00 c	60,56 g	89,28 d	100 a	100 a
Flumioxazin + clodinafop-propargyl	89,00 c	79,17 e	95,00 c	100 a	100 a
Média Geral	60,01	68,57	63,58	65,47	64,14
C.V. (%)	1,43	1,36	1,51	1,16	0,84

<sup>1</sup> DAT: Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. FLO: florescimento da planta daninha.

Em relação aos componentes de rendimento de grãos da cultura do trigo constatou-se que o flumioxazin + iodosulfuron-methyl apresentou o maior número de espigas de trigo, seguido da testemunha capinada, de pendimethalin + iodosulfuron-methyl e de flumioxazin + pyroxsulam (Tabela 11). A testemunha infestada e o pendimethalin demonstraram o menor número de espigas, sendo inferior a todos os demais tratamentos. Isso ocorre devido a infestação de nabo, azevém e aveia preta ter sido elevada e com a ausência de controle, ou a baixa eficácia, ocorreu competição pelos recursos do meio como, água, luz e nutriente o que como consequência afetou negativamente não somente essa variável, mas todos os demais componentes de rendimento de grãos da cultura, inclusive o PH do trigo (Tabela 12) que representa a qualidade dos grãos colhidos. Outros autores também observaram elevadas perdas de produtividade de grãos do trigo quando infestado por azevém e nabo. Lamego et al., (2013) e Galon et al., (2021) relatam perdas de produtividades de grãos de trigo superiores a 80 e 90%, respectivamente, quando não se adota algum método de controle.

O maior comprimento de espigas de trigo foi observado ao se aplicar pendimethalin + iodosulfuron-methyl, equivalendo-se estatisticamente a testemunha capinada (Tabela 11). Os demais tratamentos somente apresentaram comprimento de grãos da espiga maiores do que a testemunha infestada. Este fato está associado em razão da competição que as plantas daninhas ocasionaram a esses tratamentos. Respostas similares foram vistos por Mahmood et al. (2013) ao aplicarem diferentes herbicidas em trigo com resultados positivos, ou seja, observaram maior comprimento de espigas ao compararem com a testemunha infestada.



A aplicação dos herbicidas imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl e de flumioxazin + pyroxsulam demonstram o maior número de grãos cheios por espigas, inclusive superior a testemunha capinada (Tabela 11). Galon et al. (2021), também constataram que os tratamentos que continham os herbicidas pyroxulam e clodinafop-propargyl obtiveram maiores números de grãos na cultivar TBIO Sinuelo. O menor número de grãos cheios observou-se nos tratamentos envolvendo a testemunha infestada e o herbicida pendimethalin, sendo isso devido à falta de controle de nabo, azevém e da aveia preta, conforme já explicado.

**Tabela 11.** Efeito de herbicidas nos componentes de rendimento de grãos do trigo (número de espigas, comprimento de espigas, número de grãos cheios e de grãos estéreis) cultivar de trigo TBIO Sinuelo, safra 2020. UFFS, Erechim/RS.

Tratamentos	Componentes de rendimento de grãos de trigo			
	Número de espigas (m <sup>2</sup> )	Comprimento espigas (cm)	Grãos cheios	Grãos estéreis
Testemunha capinada	100,60 b <sup>1</sup>	7,35 a	31,92 d	13,53 a
Testemunha infestada	1,67 l	4,37 g	19,03 i	8,73 g
Imazethapyr + flumioxazin	92,44 c	6,73 c	31,68 d	11,82 c
Pendimethalin	3,33 l	5,04 f	18,36 i	9,76 f
Flumioxazin	42,09 j	6,81 c	32,97 c	12,45 b
Imazethapyr+flumioxazin+iodosulfuron-methyl	87,39 d	7,01 b	30,12 f	12,63 b
Pendimethalin + iodosulfuron – methyl	94,79 c	7,20 a	34,08 b	12,01 c
Flumioxazin + iodosulfuron – methyl	110,74 a	7,60 c	33,76 c	11,71 c
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxulam	87,33 d	6,98 b	34,77 b	10,80 e
Pendimethalin + pyroxulam	83,49 e	6,60 d	28,29 g	9,73 f
Flumioxazin + pyroxulam	93,51 c	6,92 c	36,53 a	12,59 b
Imazethapyr+flumioxazin+metsulfuron-methyl	68,67 h	6,08 e	34,67 b	11,49 d
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	79,00 f	6,44 d	29,45 g	11,31 d
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	83,69 e	6,83 c	33,29 c	12,15 c
Imazethapyr+flumioxazin+clodinafop-propargyl	75,10 g	7,05 b	37,55 a	13,18 a
Pendimethalin + clodinafop-propargyl	16,67 k	6,20 e	29,22 g	14,14 a
Flumioxazin + clodinafop-propargyl	48,99 i	6,60 d	26,99 h	10,11 f
Média Geral	68,80	6,52	30,74	11,60
C.V. (%)	2,15	2,17	2,44	2,39

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A testemunha capinada e o imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl apresentaram o maior número de grãos estéreis em relação a todos os demais tratamentos (Tabela 11). Este resultado pode estar correlacionado com a perturbação do solo, para a testemunha capinada, fazendo com que a evapotranspiração da cultura seja maior, em consequência se tem menor disponibilidade hídrica para que ocorra enchimento dos grãos do trigo. De acordo com Forte et al. (2018) num sistema de plantio direto a palhada é de suma importância, pois diminui a evaporação da água do solo havendo umidade e diminuição dos efeitos negativos sobre as culturas. Em relação aos herbicidas pode ter ocorrido efeito negativo, de forma direta ou indiretamente que não se percebe visualmente, o que afeta o crescimento e o desenvolvimento do trigo o que reflete nos componentes de rendimento de grãos, nesse caso maior número de grãos estéreis, como observado também por Agostinetto et al., (2016) e Piasecki et al., (2017)

O peso de mil grãos foi maior, inclusive que a testemunha capinada nos tratamentos flumioxazin e flumioxazin + iodosulfuron-methyl (Tabela 12). Os demais tratamentos testados foram superiores a testemunha infestada e alguns iguaram-se a testemunha capinada, como a aplicação de pendimethalin + pyroxulam, pendimethalin

+ metsulfuron-methyl e flumioxazin + clodinafop-propargyl. Os tratamentos que ficaram em patamar intermediário entre os melhores e a testemunha capinada foram o pendimethalin + iodosulfuron-methyl e flumioxazin + pyroxsulam. Essas ocorrências possivelmente estejam relacionadas com a fitotoxicidade dos herbicidas ao trigo, fatores de competição ou ineficiência dos produtos para o controle. Bari et al. (2020) ao avaliarem herbicidas em trigo verificaram resultados similares aos relatados no presente estudo.

A aplicação dos herbicidas pendimethalin + iodosulfuron-methyl se destacou como o melhor tratamento para o peso hectolitro (PH), seguido de flumioxazin + iodosulfuron-methyl e pendimethalin + pyroxsulam, superiores inclusive a testemunha capinada (Tabela 12). O pendimethalin e o pendimethalin + clodinafop-propargyl igualaram-se estatisticamente a testemunha infestada para o PH. Os demais tratamentos ficaram em patamares intermediários aos melhores e aos piores tratamentos para o PH. Nesse experimento o efeito de controle do nabo, azevém e aveia preta está ligado aos resultados do PH trigo, ou seja, quando se teve boa eficácia dos herbicidas sobre o controle das plantas daninhas observou-se melhor valor da variável devido a menor competição com a cultura. Raj et al. (2020) também encontraram melhor respostas dos componentes do rendimento do em tratamentos herbicidas que demonstraram maior eficácia de plantas daninhas, corroborando assim aos resultados da presente pesquisa.

**Tabela 12.** Efeito de herbicidas nos componentes de rendimento de grãos do trigo (Peso de mil grãos (g), peso hectolitro (PH - kg hl<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) da cultivar de trigo TBIO Sinuelo. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Tratamentos	Componentes rendimento de grãos do trigo		
	Peso de mil grãos (g)	Peso hectolitro (kg hl <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha capinada	32,03 d <sup>1</sup>	76,45 e	1728,10 d
Testemunha infestada	0,00 g	0,00 h	0,00 n
Imazethapyr + flumioxazin	31,09 e	74,95 g	1268,19 i
Pendimethalin	0,00 g	0,00 h	0,00 n
Flumioxazin	34,38 a	78,84 c	523,22 m
Imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron – methyl	31,08 e	79,03 c	1757,66 c
Pendimethalin + iodosulfuron – methyl	33,07 c	80,60 a	1820,50 b
Flumioxazin + iodosulfuron – methyl	34,41 a	79,96 b	1950,85 a
Imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam	30,68 e	78,29 d	1773,23 e
Pendimethalin + pyroxsulam	32,03 d	79,49 b	1648,36 f
Flumioxazin + pyroxsulam	32,52 c	78,63 c	1574,68 g
Imazethapyr + flumioxazin+ metsulfurom - methyl	30,40 e	77,91 d	1648,37 f
Pendimethalin + metsulfuron – methyl	32,15 d	76,99 e	1294,98 h
Flumioxazin + metsulfuron – methyl	33,78 b	79,45 b	1106,84 k
Imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl	27,27 f	75,84 f	1180,58 j
Pendimethalin + clodinafop-propargyl	0,00 g	0,00 h	0,00 n
Flumioxazin + clodinafop-propargyl	32,07 d	74,50 g	555,35 l
Média Geral	26,28	64,16	1160,64
C.V. (%)	1,62	0,69	0,56

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os tratamentos envolvendo o flumioxazin + iodosulfuron-methyl e o pendimethalin + iodosulfuron-methyl apresentaram a maior produtividade de grãos da cultivar de trigo TBIO Sinuelo (Tabela 12). A testemunha infestada e o pendimethalin + clodinafop-propargyl demonstram as piores produtividade de grãos, sendo

inferiores a testemunha capinada. Observou-se que os demais tratamentos apresentaram resultados intermediários aos melhores e as piores produtividades. Conforme visto para o PH (Tabela 12) para a produtividade de grãos ocorreu efeito similar, ou seja, os tratamentos que demonstram melhor controle do nabo (Tabela 8), azevém (Tabela 9) e da aveia preta (Tabela 10) representaram a melhor produtividade de grãos, sendo nesse caso o flumioxazin + iodosulfuron-methyl e o pendimethalin + iodosulfuron-methyl. Estudos efetuados com cultivares de trigo relatam que o iodosulfuron - methyl aplicado na pós-emergência da cultura proporcionou maiores rendimentos de grãos (Balem et al., 2021; Galon et al., 2021).

A produtividade de grão é influenciada pelo tratamento que é aplicado sobre a cultura, nota-se que a testemunha infestada, o pendimethalin e o pendimethalin + clodinafop-propargyl demonstraram as menores produtividades de grãos (Tabela 12). Esse fato deve-se conforme já explicado anteriormente, ao baixo controle das plantas daninhas infestantes do trigo (nabo, azevém e aveia preta). Assim sendo ressalta-se a importância do manejo adequado das plantas daninhas infestantes do trigo para que esse expresse o seu máximo potencial produtivo.

De modo geral a aplicação de pendimethalin + iodosulfuron-methyl e flumioxazin + iodosulfuron-methyl e pendimethalin + pyroxsulam foram os tratamentos que melhor resultados apresentaram quanto aos componentes de rendimento de grãos, especialmente em relação ao peso de mil grãos, peso hectolitro e produtividade de grãos (Tabela 12). A provável causa desses bons resultados para os componentes de rendimento de grãos deve-se ao controle considerado bom para o nabo (Tabela 8), azevém (Tabela 9) e aveia preta (Tabela 10) efetuado por esses produtos.

A produtividade média de grãos da testemunha capinada foi 8,3% inferior aos dois melhores tratamentos herbicidas, o pendimethalin + iodosulfuron-methyl e flumioxazin + iodosulfuron-methyl (Tabela 12). Isso ocorre em função de que as capinas podem danificar as plantas, incluído as suas raízes, além de não se ter o controle na linha de semeadura do trigo. Somado ao problema anterior tem-se ainda que no momento de se efetuar as capinas pode chover e isso favorece o rebrote/pegamento das plantas daninhas vindo essas a competirem com o trigo. Além disso, o uso do método mecânico de controle (capina) em lavouras de trigo é oneroso, pouco eficiente e demanda muita mão de obra, o que eleva os custos de produção ao se comparar com o método químico de controle. Esse fato também foi relatado por Galon et al. (2021) ao trabalharem com o controle de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo com tratamentos envolvendo herbicidas e capinas.

#### **4. Conclusões**

Os herbicidas que apresentam as maiores fitotoxicidades a cultivar de trigo TBIO Sinuelo foram a mistura comercial composta de imazethapyr + flumioxazin e associado a essa o uso em pós-emergência de iodosulfuron-methyl, pyroxsulam, metsulfuron-methyl e clodinafop-propargyl.

Em geral a aplicação de imazethapyr + flumioxazin + metsulfuron-methyl demonstrou as menores injúrias as variáveis fisiológicas do trigo.

A aplicação em pré-emergência de imazethapyr + flumioxazin e em pós-emergência de iodosulfuron-methyl, pyroxsulam e metsulfuron - methyl ocasionaram o melhor controle de nabo infestante da cultivar de trigo TBIO Sinuelo.

O uso de pendimethalin e de flumioxazin associados ao clodinafop-propargyl apresentaram o melhor controle de azevém.

Os tratamentos, imazethapyr + flumioxazin, imazethapyr + flumioxazin + iodosulfuron-methyl, pendimethalin + iodosulfuron-methyl, flumioxazin + iodosulfuron-methyl, imazethapyr + flumioxazin + pyroxsulam, pendimethalin + pyroxsulam, flumioxazin + pyroxsulam, imazethapyr + flumioxazin + clodinafop-propargyl e flumioxazin + clodinafop-propargyl foram os mais eficientes no controle de aveia preta infestante do trigo.

Nos dois experimentos, tanto de seletividade quanto de eficácia o tratamento que se destacou em relação aos melhores efeitos sobre os componentes de rendimento de grãos do trigo foi o pendimethalin + iodosulfuron-methyl.

#### **5. Agradecimentos**

Ao CNPq, à FAPERGS e à UFFS pelo auxílio financeiro à pesquisa e pelas concessões de bolsas.

#### **6. Contribuições dos autores**

Leandro Galon: Orientador, aquisição de recursos, análise estatística, revisão do artigo escrito, correções gramaticais, científicas e submissão do trabalho a revista. Barbara Casagrande de Oliveira: implantação e condução dos experimentos a campo, coleta e tabulação de dados experimentais, análise estatística e escrita do artigo. Maico André Michelin Bagnara: Colaborador, implantação e condução dos experimentos a campo, coleta de dados experimentais, análise estatística e escrita do artigo. Moises Henrique Schmitz: Colaborador, implantação e condução dos experimentos a campo, coleta de dados experimentais, análise estatística e escrita do artigo. Camila Viadeski de Oliveira: Colaborador, implantação e condução dos experimentos a campo, coleta de dados experimentais, análise estatística e escrita do artigo. Sabrina Camila Pigatto: Colaborador, implantação e condução dos experimentos a campo, coleta de dados experimentais, análise estatística e escrita do artigo. David Fambre Mezadri: Colaborador, coleta de dados experimentais, análise estatística, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas. Siumar Pedro Tironi: Co-Orientador, análise estatística, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas.

## 7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

## 8. Aprovação ética

Não aplicável.

## 9. Referências

- Agostinetto, D., Perboni, L. T., Langaro, A. C., Gomes, J., Fraga, D. S., & Franco, J. J. (2016). Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. *Planta Daninha*, 34(1), 1-9. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340100001>
- Assunção, N. S., Garcia, H. A., Santos, L. P. D., Dias, R. C., Melo, C. A. D., Fernandes, F. L., & Reis, M. R. (2017). Flumioxazin selectivity to wheat. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 16(2), 122-129. <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v16i2.514>
- Balem, R., Padilha, L. R., Michelin, C. J., & Costa, L. (2021). Controle de nabo e azevém em trigo com herbicidas pós-emergentes. *Revista de Ciência e Inovação*, 6(1), 45-56. <https://doi.org/10.26669/2448-4091251>
- Bari, A., Baloch, M. S., Shah, A. N., Khakwani, A. A., Hussain, I., Iqbal, J., Ali, A., & Bukhari, M. A. (2020). Application of various herbicides on controlling large and narrow leaf weeds and their effects on physiological and agronomic traits of wheat. *Planta Daninha*, 38(e020202353), 1-12. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100009>
- Barros, J., & Calado, J. (2020). Rotação de herbicidas em trigo para prevenir a resistência das infestantes em condições Mediterrânicas. *Revista de Ciências Agrárias*, 43(1), 3-13. <https://doi.org/10.19084/rca.19169>
- Brasil (2023). Ministério da Agricultura e Pecuária. Agrofit. Disponível em: <<https://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- Carvalho, S. J. P., Nicolai, M., Ferreira, R. R., Figueira, A. V. O., & Christoffolet, P. J. (2009). Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. *Scientia Agrícola*, 66 (1), 136-142. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100020>.
- Colombo, M., Albrecht, L. P., Albrecht, A. Jr. P., Araújo, G. V., & Silva, A. F. M. (2022). Agronomic performance of wheat under post-emergence herbicide application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52(e69908), 1-7. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5269908>
- Correia, N. M., & Carvalho, A. D. F. (2021). Seletividade de herbicidas para batata-doce. *Weed Control Journal*, 20(1), e202100740. <https://doi.org/10.7824/rbh.v1i1.740>
- Costa, L. O., & Rizzardi, M. A. (2015). Competitive ability of wheat in association with biotypes of *Raphanus raphanistrum* L. resistant and susceptible to ALS-inhibitor herbicides. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(2), 121-130. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000200003>
- CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. (2016). *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 11.ed. Porto Alegre. 376p.

- Deboer, G. J., Thornburgh, S., Gilbert, J., & Gast, R.E. (2011). The impact of uptake, translocation and metabolism on the differential selectivity between blackgrass and wheat for the herbicide pyroxsulam. *Pest Management Science*, 67(3), 279-286. <https://doi.org/10.1002/ps.2062>
- Forte, C. T., Galon, L., Beutler, A. N., Perin, G. F., Pauletti, E. S. S., Basso, F. J. M., Holz, C. T., & Santin, C. O. (2018). Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13(1), 1-10. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5504>
- Galon, L., Castoldi, C. T., Forte, C. T., Kujawski, R., David, F. A., Perin, G. F., Radunz, A. L., Agazzi, L. R., Rossetti, J., & Radunz, L. L. (2015). Efficacy and phytotoxicity of herbicides applied for the handling of weeds that infest wheat. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 14(2), 128-140. <https://doi.org/10.7824/rbh.v14i2.405>
- Galon, L., Basso, F. J. M., Chechi, L., Pilla, T. P., Santin, C. O., Bagnara, A. M., Franceschetti, M. B., Castoldi, C. T., Perin, G. F., & Forte, C. T. (2019). Weed interference period and economic threshold level of ryegrass in wheat. *Bragantia*, 78(3), 409-422. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20180426>
- Galon, L., Ulkovski, C., Rossetto, E. R. O., Cavaletti, D. C., Weirich, S. N., Brandler, D., Silva, A. M. L., & Perin, G. F. (2021). Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados à cultura do trigo. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 20(3), 199-212. <https://doi.org/10.5965/223811712032021199>
- Heap, I. (2023). The International herbicide-resistant weed database. Disponível em: <<https://www.weedscience.org>>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- Inmet. (2020). Histórico de dados meteorológicos. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- Lamego, F. P., Ruchel, Q., Kaspary, T. E., Gallon, M., Basso, C. J., & Santi, A. L. (2013). Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. *Planta Daninha*, 31(3), 521-531. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300004>
- Mahmood, A., Iqbal, J., Chattha, M. B., & Azhar, G. S. (2013). Evaluation of various herbicides for controlling grassy weeds in wheat. *Mycopathology*, 11(1), 39-44.
- Nunes, A., Souza, L. C. F., Vitorino, A. C. T., & Mota, L. H. S. (2011). Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(4), 1375-1384. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1375>
- Oliveira, A. R., Freitas, & S. P., Vieira, H. D. (2009). Controle de *Commelina benghalensis*, *C. erecta* e *Tripogandra diuretica* na cultura do café. *Planta Daninha*, 27(4), 823-830. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000400021>
- Ormond, A., Nunes, J. A. S., Caneppele, C., Silva, S. L. S., Pereira, M. T. J. (2013). Análise das características físicas de sementes de trigo. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 9(17), 108-114. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3002>
- Piasecki, C., Bilibio, M. I., Fries, H., Cechin, J., Schmitz, M. F., Henckes, J. R., & Gazola, J. (2017). Seletividade de associações e doses de herbicidas em pós emergência do trigo. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 16(4), 286-295. <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i4.562>
- Raj, R., Kumar, B., & Singh, M. (2020). Efficacy of different weed management practices on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 2250-2253.
- Ramos, A. R., Zampar, A., & Silva, A. W. L. (2021). Dry matter productivity and bromatological quality of ryegrass genotypes cultivated in Southern Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73(1), 247-255. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11885>
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araújo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa. 356p.
- Su, W. C., Sun, L. L., Wu, R. H., Xu, H. L., & Lu, C. T. (2018). The residual effects of bensulfuron-methyl on growth and photosynthesis of soybean and peanut. *Photosynthetica*, 56, 670-677. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0726-z>
- Tamagno, W. A., Baldessarini, R., Sutorillo, N. T., Alves, C., Müller, C., Kaizer, R. R., & Galon, L. (2022). Redox status upon herbicides application in the control of *Lolium multiflorum* (2n and 4n) as weed. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 56, 1-11. <https://doi.org/10.1080/03601234.2022.2104068>

- Tavares, L. C., Oliveira, S., Silva, B. M., Lemes, E. S., Villela, F. A., Vargas, L., & Agostinetto, D. (2018). Produtividade, qualidade fisiológica e resíduo em sementes de trigo em função da dessecação com herbicidas. *Colloquium Agrariae*, 14(3), 132-143. <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2273>
- Tavares L. C., Lemes, E. S., Ruchel, Q., Westendorff, N. R., & Agostinetto, D. (2019). Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop. *Planta Daninha*, v37, e019178898, 1-11. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100004>
- Trezzi, M. M., Mattei, D., Vidal, R. A., Kruse, N. D., Gustman, M. S., Viola, R., Machado, A. & Silva, H. L. (2007). Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2, 4-D no controle de azevém (*Lolium multiflorum*). *Planta Daninha*, 25(4), 839-847. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000400021>
- Vargas, L., & Roman, E. S. (2005). Seletividade e eficiência de herbicidas em cereais de inverno. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 4(3), 1-10. <https://doi.org/10.7824/rbh.v4i3.32>
- Velini, E. D., Osipe, R., & Gazziero, D. L. P. (1995). *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBCPD. 42p.
- Walsh, M. J. (2019). Enhanced wheat competition effects on the growth, seed production, and seed retention of major weeds of Australian cropping systems. *Weed Science*, 67(6), 657-665. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.53>
- Zakariyya, M. I., Awan, I. U., Khan, E. A., Baloch, M. S., & Khakwani, A. A. (2022). Integrated weed management strategies in wheat crop. *Journal of Plant Genetics and Breeding*, 6(1), 1-4. <https://doi.org/10.4172/jpgb.1000109>
- Zepka, A. P., Larré, C. F., & Lopes, N. F. (2007). Avaliação do potencial fisiológico de cultivares de trigo tratadas com o herbicida pendimethalin. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(2), 633-635.

### Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).