



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

PAMELA ERICA STIEVEN

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM DIFERENTES HORÁRIOS
NA CULTURA DO TRIGO**

ERECHIM - RS

2024

PAMELA ERICA STIEVEN

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM DIFERENTES HORÁRIOS
NA CULTURA DO TRIGO**

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

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Stieven, Pamela Erica
SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM DIFERENTES
HORÁRIOS NA CULTURA DO TRIGO / Pamela Erica Stieven. --
2024.
27 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. Triticum aestivum. 2. controle químico. 3. efeito
de herbicidas. I. Galon, Leandro, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

PAMELA ERICA STIEVEN

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM DIFERENTES HORÁRIOS
NA CULTURA DO TRIGO**

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

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon- UFFS

Prof. Dra. Sandra Maria Maziero- UFFS

Prof. Dr. Alfredo Castammann- UFFS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, que é meu alicerce em todos os momentos da vida, sem Deus eu não seria nada.

Aos meus irmãos da faculdade: Naiara Cadore, Rubens Kujawinski e Guilherme Serafini sou eternamente grata por tudo que vivemos, vocês deixaram essa caminhada mais leve. A toda minha família e demais pessoas especiais que foram meu suporte e ao meu pai Nelson Stieven que é meu maior exemplo. Ao meu orientador Leandro Galon por todo conhecimento e dedicação nessa caminhada. Aos colegas do laboratório MASSA, colegas de sala, professores e demais funcionários da Universidade que fizeram ser possível traçar e concluir esse trajeto. Eu encerro essa dedicatória com meu coração completo por gratidão e muita fé.

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM DIFERENTES HORÁRIOS NA CULTURA DO TRIGO

RESUMO: A aplicação de herbicidas nas culturas de interesse agrícola, em distintos horários, ainda gera dúvidas em relação a seletividade, não sendo diferente para o trigo. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito de herbicidas na morfofisiologia da cultivar de trigo TBIO Toruk aplicados em pós-emergência e em diferentes horários. O experimento foi instalado em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 4 x 7, com quatro repetições. No fator A alocou-se os horários de aplicação (9, 12, 15 e 18 h) e no B os tratamentos (clodinafop-propargil – 48 g ha⁻¹, iodosulfuron-methyl – 3,5 g ha⁻¹, pyroxsulam – 18 g ha⁻¹, bentazon – 720 g ha⁻¹, 2,4-D amina– 806 g ha⁻¹ e metsulfuron-methyl – 3,6 g ha⁻¹), mais uma testemunha sem uso de produtos. As variáveis avaliadas foram; a fitotoxicidade ocasionada pelos herbicidas ao trigo, altura, diâmetro de colmos, área foliar, características relacionadas a fisiologia (índice de clorofila, concentração interna de carbono, taxa fotossintética, condutância estomática, taxa de transpiração, eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação), e a massa seca da parte aérea das plantas de trigo. Os resultados demonstram que a porcentagem de fitotoxicidade não foi elevada ao se aplicar todos os herbicidas na cultivar de trigo TBIO Toruk. Dentre os herbicidas avaliados, o pyroxsulam apresentou maior fitotoxicidade em todas as avaliações e horários de aplicação. O iodosulfuron-methyl foi o herbicida com os menores efeitos fitotóxicos. Os horários que proporcionaram as maiores fitotoxicidades e efeitos negativos nas características fisiológicas do trigo foram a aplicação dos herbicidas às 12 e 15 h. O herbicida pyroxsulam aplicado às 15 h, causou redução da massa seca das plantas de trigo. O bentazon, o 2,4-D amina e o iodosulfuron-methyl apresentaram os melhores resultados à maioria das variáveis avaliadas.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; controle químico; efeito de herbicidas.

SELECTIVITY OF HERBICIDES APPLIED AT DIFFERENT TIMES TO WHEAT CROPS

ABSTRACT: The application of herbicides in agricultural crops at different times still raises questions regarding selectivity, and wheat is no exception. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of herbicides on the morphophysiology of the TBIO Toruk wheat cultivar when applied post-emergence at different times. The experiment was set up in randomized blocks arranged in a 4 x 7 factorial scheme with four replications. Factor A included application times (9, 12, 15, and 18 h), and Factor B included treatments (clodinafop-propargyl – 48 g ha⁻¹, iodosulfuron-methyl – 3,5 g ha⁻¹, pyroxsulam – 18 g ha⁻¹, bentazon – 720 g ha⁻¹, 2,4-D amine – 806 g ha⁻¹ e metsulfuron-methyl – 3,6 g ha⁻¹), plus a control without any product. The evaluated variables included phytotoxicity caused by the herbicides to wheat, height, stem diameter, leaf area, physiological characteristics (chlorophyll index, internal carbon concentration, photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, water use efficiency, and carboxylation efficiency), and the dry mass of wheat aerial parts. The results demonstrate that the percentage of phytotoxicity was not elevated when all herbicides were applied to the TBIO Toruk wheat cultivar. Among the evaluated herbicides, pyroxsulam showed the highest phytotoxicity in all assessments and application times, while iodosulfuron-methyl had the lowest phytotoxic effects. The application of herbicides at 12 and 3 p.m. resulted in the highest phytotoxicity and negative effects on wheat physiological characteristics. Pyroxsulam applied at 3 p.m. caused a reduction in wheat plant dry mass. Bentazon, 2,4-D amine, and iodosulfuron-methyl showed the best results for most of the evaluated variables.

Keywords: *Triticum aestivum*. chemical control; effect of herbicides.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento envolvendo herbicidas, diferentes horários de aplicação na cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk.	11
Tabela 2. Condições meteorológicas durante as aplicações dos tratamentos na cultivar de trigo TBIO Toruk. UFFS, Erechim/RS.	11
Tabela 3. Fitotoxicidade (%) de herbicidas a cultivar de trigo TBIO Toruk aplicados em diferentes horários.	13
Tabela 4. Altura, diâmetro de colmo e área foliar de plantas da cultivar de trigo TBIO Toruk em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários.	16
Tabela 5. Concentração de CO ₂ sub-estomática (C _i - μmol mol ⁻¹), Condutância estomática (G _s – mol m ⁻¹ s ⁻¹) e taxa de transpiração (E – mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) da cultivar TBIO Toruk, em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários de aplicação.	18
Tabela 6. Concentração de CO ₂ sub-estomática (C _i - μmol mol ⁻¹), Eficiência de carboxilação (EC – mol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹), Uso eficiente da água (EUA - mol CO ₂ mol H ₂ O ⁻¹) da cultivar TBIO Toruk, em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários de aplicação.	20
Tabela 7. Índice de clorofila (SPAD) e massa seca da parte aérea (g) da cultivar de trigo TBIO Toruk, em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários.	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4. CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma gramínea pertencente à família Poaceae, originária da Mesopotâmia, com área semeada no Brasil na última safra de 3,45 milhões de hectares (CONAB, 2024). O trigo é considerado uma das principais culturas de inverno semeadas no Brasil, com produtividade média de 3,4 t ha⁻¹ e produção na última safra de cerca 8,10 milhões de toneladas (CONAB, 2024). No entanto, essa produtividade está muito aquém de áreas que adotam elevados níveis tecnológicos ou de áreas de pesquisas. Dentre os principais motivos para as baixas produtividades de grãos do trigo, destaca-se os efeitos de fatores bióticos e abióticos, que tem influenciado negativamente no crescimento, desenvolvimento, produtividade e na qualidade dos grãos colhidos ((BALEM et al., 2021; TAMAGNO et al., 2022).

Dentre os fatores bióticos que ocorrem em trigo, destaca-se a interferência ocasionada pelas plantas daninhas, que competem com a cultura pelos recursos disponíveis no meio como, água, luz, espaço e nutrientes, além de liberarem substâncias alelopáticas, hospedarem pragas e doenças (BALEM et al., 2021) reduzindo assim a produtividade de grãos de 18 até 82% (GHARDE et al., 2018; BARROS; CALADO, 2020; GALON et al., 2021). As plantas daninhas também aumentam os custos de produção e diminuem o lucro do triticultor, além de ocasionarem problemas até mesmo na colheita, como menor capacidade operacional por redução da eficiência, maior consumo de combustível, aumento de impurezas e umidade nos grãos, dentre outros.

Dentre as plantas daninhas que infestam as lavouras de inverno destaca-se o azevém (*Lolium multiflorum*), o nabo/nabiça (*Raphanus raphanistrum* e *R. sativus*), a aveia preta (*Avena strigosa*) e/ou aveia branca (*A. sativa*) como as principais espécies que competem com a cultura e as que mais causam danos e perdas na produtividade de grãos (LAMEGO et al., 2013; BALEM et al., 2021; GALON et al., 2023). A interferência ocasionada pelas plantas daninhas pode ainda interferir na qualidade dos grãos de trigo colhidos, que precisam apresentar o peso hectolitro de 78 kg hl⁻¹ para ter destino a produção de farinha e desta a fabricação de pão (BRASIL, 2010; NUNES et al., 2011).

Ao testarem diversos herbicidas para o manejo de nabo, azevém e aveia preta GALON et al., (2023) observaram que os tratamentos que apresentam bom controle das plantas daninhas demonstraram os melhores valores de peso hectolitro para cultivar de trigo TBIO Sinuelo, em virtude de ter ocorrido menor competição com a cultura, ou seja, ocorreu maior controle das espécies infestantes.

Para o controle de plantas daninhas em trigo tem-se usado herbicidas em virtude da facilidade, eficácia e menor custo quando se compara a outros métodos de controle (BALEM

et al., 2021). É importante salientar que os herbicidas podem interferir negativamente sobre o crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade de grãos das culturas, podendo não apresentar eficácia para o controle de plantas daninhas e até mesmo gerar impactos ambientais negativos se não utilizados de forma correta (MANABE et al., 2014; MARÍN-BENITO et al., 2019; BARI et al., 2020).

O uso de herbicidas pode ocasionar injúrias ao trigo caso os produtos aplicados não apresentarem seletividade a cultura. Fatores relacionados com o clima, solo, características físico-químicas e formulação do herbicida, espécie e cultivar usadas e estágio de aplicação dentre outros podem interferir para se ter maior ou menor seletividade ao se usar esses produtos (CIESLIK et al., 2017; COLOMBO et al., 2022).

Aliado a seletividade, os horários de aplicação de herbicidas em plantas tornam-se importante para proporcionar menores efeitos fitotóxicos ou mesmo aumentar a eficiência dos produtos para o controle das plantas daninhas. De forma geral, as condições meteorológicas ideais para as aplicações de agrotóxicos são estabelecidas como temperatura abaixo de 30°C, umidade relativa acima de 55% e velocidade do vento entre 3 e 10 km h⁻¹ (CUNHA et al., 2016). Essas condições normalmente são mais facilmente encontradas no início da manhã e no final da tarde, onde a umidade relativa do ar é mais elevada e a temperatura é menor, sendo considerados períodos mais adequados para as aplicações de agrotóxicos (RODRIGUES et al., 2019).

A aplicação de herbicidas é influenciada pelos fatores climáticos, principalmente relacionado com a temperatura, onde essa afeta a absorção dos produtos, especialmente quando essa está elevada e baixa umidade relativa do ar (WANG et al., 2020). A ocorrência de aplicação com temperatura moderada e alta umidade do ar, aumentam o efeito dos herbicidas devido a uma melhor humidificação da superfície da folha, maior retenção e redução da evaporação das gotas de pulverização (IDZIAK et al., 2023). Outro fator climático importante é a velocidade e direção dos ventos, visto que quanto maior a velocidade, maior a propensão para as partículas se afastarem do alvo e se depositarem fora do local pretendido de aplicação, ocasionando assim o que se chama de deriva (SZARKA et al., 2023).

O conhecimento de informações relacionadas com a eficiência dos herbicidas e as condições climáticas no momento da aplicação, são de grande importância para se ter êxito no controle de plantas daninhas ou para se ter seletividade dos agrotóxicos usados em culturas de interesse agrícola ou mesmo se ter menor problemas com a deriva desses produtos. Além de ser necessário possuir condições ambientais favoráveis no período de aplicação, é preciso

compreender as interações específicas entre os herbicidas, a cultura e as plantas daninhas (MACIEL et al., 2016).

A hipótese do presente estudo é que a aplicação de herbicidas nos horários em que as temperaturas são mais elevadas ocasionam maior efeito sobre a morfofisiologia da cultura do trigo. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito de herbicidas na morfofisiologia da cultivar de trigo TBIO Toruk aplicados em pós-emergência e em diferentes horários.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, em latitude 27° 43' 26" S, longitude 52° 17' 39" W e altitude de 650 m. O clima predominante na região de acordo a classificação de Koppen é o Cfa, ou seja, subtropical úmido, com verão quente, chuvas uniformemente distribuídas, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, com precipitação de 1.100 a 2.000 mm, geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente (PEEL et al., 2007). As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com solo oriundo de área agrícola, caracterizado por Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico, pertencente à unidade de mapeamento Erechim (STRECK et al., 2018).

A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas de acordo com a análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura do trigo (SBCS, 2016). Os demais manejos e tratos culturais realizados seguiram as recomendações técnicas à cultura do trigo e do triticales (SANTOS et al., 2019). As características químicas e físicas do solo observadas na análise foram: pH em água de 5,0; MO = 2,35%; P= 2,1 mg dm⁻³; K= 48,0 mg dm⁻³; Al³⁺= 0,5 cmolc dm⁻³; Ca²⁺= 4,5 cmolc dm⁻³; Mg²⁺= 1,6 cmolc dm⁻³; CTC(t)= 6,8 cmolc dm⁻³; CTC(pH=7,0)= 12,5 cmolc dm⁻³; H+Al= 6,2 cmolc dm⁻³; V= 51%; e Argila= 55,9%.

O experimento foi instalado em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 4 x 7, com quatro repetições. No fator A alocou-se os horários de aplicação (9, 12, 15 e 18 h) e no B os herbicidas (clodinafop-propargil, iodosulfuron-methyl, pyroxsulam, bentazon, 2,4-D amina e metsulfuron-methyl), mais uma testemunha sem aplicação de acordo com o disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento envolvendo herbicidas, diferentes horários de aplicação na cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Produto Comercial	Dose comercial (L/kg ha ⁻¹)	Adjuvantes (% v/v ou L)	Horários de aplicação (h)
Testemunha sem herbicida	---	---	---	---	
Clodinafop-propargil	48	Topik [®] 240 EC	0,20	Assist [®] - 0,5	9, 12, 15 e 18
Iodosulfuron-methyl	3,5	Hussar [®]	0,07	Hoefix [®] - 0,3	
Pyroxsulam	18	Tricea [®]	0,40	Áureo [®] - 0,5	
Bentazon	720	Basagran [®] 600	1,20	Assist [®] - 1,0	
2,4-D amina	806	DMA [®] 806 BR	1,00	---	
Metsulfuron-methyl	3,6	Ally [®]	0,006	Assist [®] - 0,5	

Cada unidade experimental foi composta por um vaso plástico com volume de 8 dm³, na qual foi realizada a semeadura manual de 10 sementes de trigo da cultivar TBIO Toruk (ciclo médio e apresenta excelentes resultados para panificação). Após a germinação foi efetuado o desbaste deixando-se 5 plantas vaso⁻¹.

Os tratamentos foram aplicados aos 21 dias após a emergência das plantas de trigo, quando estas encontravam-se no estágio de 4 folhas a 1 perfilho. Para isso foi utilizado um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 110.02 sob pressão constante de 2,0 kgf cm⁻² e velocidade de deslocamento de 3,6 km h⁻¹, proporcionando uma vazão de 150 L h⁻¹. As condições meteorológicas no momento das aplicações estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Condições meteorológicas durante as aplicações dos tratamentos na cultivar de trigo TBIO Toruk. UFFS, Erechim/RS.

Horários de aplicação (h)	Temperatura do ar (C)	Luminosidade (%)	Umidade relativa do ar (%)	Umidade do solo (%)	Velocidade do vento (km h ⁻¹)
9:00	14,7	100	56,8	Friável	5,9
12:00	22,0	100	48,0	Friável	4,5
15:00	22,7	100	36,8	Friável	3,8
18:00	17,7	100	52,7	Friável	4,7

Aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) foi avaliado a fitotoxicidade dos herbicidas, atribuindo-se notas percentuais, onde zero (0%) significou ausência de injúrias à cultivar de trigo TBIO Toruk e cem (100%) para a morte das plantas da cultura, de acordo a metodologia proposta por VELINI et al., (1995).

Aos 36 DAT foram aferidas as variáveis referentes às características fisiológicas das plantas sendo: índice de clorofila (SPAD), concentração de CO₂ sub-estomática (C_i - μmol mol⁻¹), taxa fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática de vapores de água (G_s - mol m⁻¹ s⁻¹) e taxa de transpiração (E - mol H₂O m⁻² s⁻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.

Para a determinação das variáveis fisiológicas utilizou-se um analisador de gases infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), sendo que cada bloco foi avaliado em um dia, entre 7 e 11 h da manhã, de forma que as condições ambientais fossem homogêneas durante as análises. O índice de clorofila foi determinado com clorofilômetro portátil modelo SPAD 502 - Plus, aferindo-se as medidas em cinco pontos de cada planta nas folhas inferiores, medianas e superiores do dossel.

Aos 56 DAE (dias após emergência) foram avaliadas as variáveis morfológicas, diâmetro de colmo, altura de plantas, área foliar e massa seca da parte aérea do trigo. O diâmetro do colmo foi avaliado por meio de um paquímetro digital na distância de 5 cm do solo. A altura das plantas foi determinada usando-se uma régua graduada em centímetros, medindo desde rente ao solo até o ápice da folha bandeira do trigo. Todas as plantas em cada tratamento foram seccionadas rente ao solo para a quantificação da área foliar por meio de um medidor portátil de área foliar modelo CI-203 BioScience. Após a determinação da área foliar, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* e postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de 60±5°C e, após a uniformidade das massas realizou-se, a pesagem em balança de precisão.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e aditividade e após a comprovação da normalidade dos erros realizou-se a análise de variância pelo teste F, sendo significativos foi aplicado o teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que houve interação significativa entre os fatores testados (herbicidas x horários de aplicação) para todas as variáveis avaliadas. Observou-se que o herbicida pyroxsulam demonstrou as maiores fitotoxicidades dos 7 aos 21 DAT (dias após a aplicação dos tratamentos) em todos os horários de aplicação 9, 12, 15 e 18 h (Tabela 3). A fitotoxicidade ocorreu devido a cultivar de trigo avaliada não conseguir metabolizar o herbicida e se livrar das injúrias, ou mesmo por fatores físico-químicos relacionados ao produto, bem

como dose e clima (DEBOER et al., 2011). Os demais tratamentos herbicidas apresentaram fitotoxicidades menores que o pyroxsulam, sendo que na média das três avaliações (7, 14 e 21 DAT) observou-se maiores injúrias para o clodinafop-propargil (4,10%), 2,4-D amina (3,89%), metsulfuron-methyl (3,68%), bentazon (2,96%) e iodosulfuron-methyl (2,81%).

Tabela 3. Fitotoxicidade (%) de herbicidas a cultivar de trigo TBIO Toruk aplicados em diferentes horários.

Tratamentos	Fitotoxicidade (%) aos 7 DAT			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	0,00 Ac	0,00 Ac	0,00 Ac	0,00 Ab
Clodinafop-propargil	6,33 Aa	3,25 Bb	6,33 Aa	3,75 Ba
Iodosulfuron-methyl	3,00 Bb	4,33 Ab	5,00 Ab	4,75 Aa
Pyroxsulam	5,50 Ba	7,75 Aa	6,00 Ba	5,25 Ba
Bentazon	3,33 Ab	4,00 Ab	4,25 Ab	3,68 Aa
2,4-D amina	3,67 Bb	3,50 Bb	7,33 Aa	4,75 Ba
Metsulfuron-methyl	3,50 Bb	6,68 Aa	4,25 Bb	4,25 Ba
Média Geral	4,08			
C.V (%)	27,38			
Fitotoxicidade (%) aos 14 DAT				
Testemunha sem herbicida	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ac	0,00 Aa
Clodinafop-propargil	2,00 Bb	1,50 Bb	7,67 Aa	2,50 Ba
Iodosulfuron-methyl	0,00 Bb	2,00 Ab	3,75 Ab	2,00 Aa
Pyroxsulam	5,00 Aa	6,00 Aa	6,75 Aa	2,43 Ba
Bentazon	1,25 Bb	0,75 Bb	4,00 Ab	2,00 Ba
2,4-D amina	0,00 Cb	2,00 Bb	8,67 Aa	3,00 Ba
Metsulfuron-methyl	0,67 Bb	5,00 Aa	2,25 Bb	2,75 Ba
Média Geral	2,64			
C.V (%)	56,79			
Fitotoxicidade (%) aos 21 DAT				
Testemunha sem herbicida	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ac	0,00 Aa
Clodinafop-propargil	2,50 Bb	2,25 Bb	8,68 Aa	2,50 Ba
Iodosulfuron-methyl	1,00 Ab	2,68 Ab	3,75 Ab	1,50 Aa
Pyroxsulam	5,00 Ba	8,33 Aa	4,68 Bb	2,68 Ba
Bentazon	1,50 Ab	3,75 Ab	4,32 Ab	2,68 Aa
2,4-D amina	1,50 Bb	1,68 Bb	7,68 Aa	3,00 Ba
Metsulfuron-methyl	1,67 Bb	7,68 Aa	3,25 Bb	2,25 Ba
Média Geral	3,09			
C.V (%)	55,53			

¹ Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott $p \leq 0,05$.

Ressalta-se, no entanto, que apesar do pyroxsulam ter apresentado maior fitotoxicidade, os índices foram baixos, menor que 9%, em todas as avaliações e horários aplicados (Tabela 3). ELATTAR et al., (2018) ao avaliarem o uso de pyroxsulam em trigo encontraram

fitotoxicidade de 12,50 a 15,00%. Esses autores relatam que essas injúrias são leves à cultura, o que se assemelha aos resultados observados no presente estudo.

Para o resultado de fitotoxicidade do iodosulfuron-methyl, foi possível constatar injúrias não superiores à 5% aos 7 DAT, com diminuição nas avaliações posteriores (Tabela 3). Mesmo que ocorre fitotoxicidade, muitos herbicidas, como iodosulfuron-methyl é facilmente metabolizado pelas plantas de trigo não interferindo na produtividade de grãos (BALEM et al., 2021), o que corrobora em partes com os resultados encontrados na presente pesquisa, especialmente em relação a massa seca da parte aérea.

Observou-se que a aplicação do iodosulfuron-methyl às 9 h obteve menor fitotoxicidade ao trigo em comparação com o uso desse herbicida nos demais horários (12, 15 ou 18 h) nas avaliações efetuadas aos 7 e 14 DAT (Tabela 3). Denota-se que as aplicações em horários mais amenos e com umidades relativas mais elevadas, os herbicidas podem ocasionar maior seletividade estando isso atrelado a alta hidratação da cutícula de folha, fazendo com que seja metabolizado mais facilmente pela planta. Aos 21 DAT não foi observado diferenças estatísticas ao se aplicar o iodosulfuron-methyl em qualquer um dos horários avaliados. Assim sendo, é possível estabelecer que nesse intervalo de aplicação e avaliação o herbicida foi praticamente metabolizado. Esses resultados corroboram com pesquisas realizadas por AGOSTINETTO et al. (2016), onde os autores destacam a seletividade da molécula iodosulfuron-methyl avaliando os parâmetros fisiológicos e de produtividade, destacando assim a alta capacidade do trigo em metabolizar o efeito herbicida.

Com relação aos horários avaliados aos 7, 14 e 21 DAT (dias após a aplicação dos tratamentos), dentro de cada herbicida observou-se que as aplicações efetuadas às 9 e 18 h ocasionaram as menores fitotoxicidades ao serem usados o 2,4-D amina e o metsulfuron-methyl, ao se comparar com o uso desses produtos às 12 e 15 h (Tabela 3). Isso ocorre, devido a baixas temperaturas que ocorreram às 9 e às 18 h durante a aplicação, conforme pode ser observado na Tabela 2. As temperaturas baixas diminuem a atividade fisiológica das plantas, reduzindo assim a absorção de herbicidas, ocasionando em consequência menores injúrias as plantas de trigo (JUNIOR et al., 2020).

Os resultados demonstram ainda que a aplicação de clodinafop-propargil no horário das 9, 12 e 18 h, de modo geral, ocasionaram as menores fitotoxicidades ao trigo do que esse mesmo herbicida aplicado às 15 h, dos 7 aos 21 DAT (Tabela 3). A ocorrência de uma alta absorção, predominantemente em horários de maior temperatura (15 h) pode acarretar na entrada na planta de superdoses dos produtos, aliado a isso a fisiologia pode ser alterada e consequentemente reduz a seletividade do herbicida (HASANFARD et al., 2022). Os

herbicidas clodinafop-propargil, iodosulfuron-methyl, bentazon e 2,4-D amina demonstraram maior fitotoxicidade ao trigo quando aplicados às 15 h, nas três avaliações em que foram avaliados (Tabela 3). Fato este pode estar atrelado a condição em que a planta se encontra no momento de aplicação, apresentando uma taxa fotossintética maior nos horários mais amenos. Além do que as condições climáticas adversas após a aplicação de herbicidas pós-emergentes (restrição hídrica e alta temperatura) resultam em estresse para o desenvolvimento vegetativo da cultura (LOPES et al., 2021) ocasionando efeitos negativos na morfofisiologia das plantas (SILVA et al., 2023).

As maiores alturas de plantas e diâmetro de colmo foram encontradas nas aplicações de 2,4-D amina, no horário de 12 h (Tabela 4). Esses resultados provavelmente ocorrem em virtude do 2,4-D amina ser um herbicida hormonal, que ocasiona maior crescimento ao ser aplicado em algumas espécies de plantas, especialmente as gramíneas que apresentaram seletividade ao mesmo. De acordo com BARROS e CALADO, (2020) esses sintomas podem ser observados quando a aplicação do 2,4-D é realizada em estádios mais precoces da cultura, causando efeitos diretos e indiretos no crescimento e desenvolvimento da planta de trigo.

Na variável diâmetro de colmo observou-se que as aplicações de pyroxsulam às 9 e às 18 h e do clonadifop-propargil às 9 h, se diferenciaram e apresentaram efeitos negativos em relação aos demais tratamentos e a testemunha sem herbicida (Tabela 4). Não foi observada diferença estatística para o diâmetro de colmo das plantas de trigo quando comparado os horários de aplicação dos herbicidas (Tabela 4). Houve um menor diâmetro, cerca de 10% em média, para a aplicação de pyroxsulam nos horários das 9 h e 18 h, diferido dos demais herbicidas e testemunha (Tabela 4). A seletividade dos herbicidas na cultura do trigo observada na Tabela 3 é reforçada aqui nas variáveis morfológicas, sendo que nenhum dos herbicidas apresenta comportamento fitotóxico ou de redução dos componentes de produtividade se aplicados da forma e dose correta (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018; ANTHIMIDOU et al., 2020).

Observou-se que a altura de plantas e diâmetro de colmo das plantas de trigo sofreu influência significativa dos herbicidas e dos horários de aplicação (Tabela 4). O pyroxsulam apresentou os menores índices de altura de planta, diâmetro de colmo e área foliar, corroborando com os resultados encontrados para fitotoxicidade (Tabela 4) onde esse mesmo herbicida proporcionou as maiores injúrias. Em função destes efeitos a planta gastou mais energia para metabolizar o herbicida restando menor quantidade para investir em crescimento em altura e diâmetro. Este herbicida pertence ao grupo dos inibidores da ALS, estes por sua vez causam inibição da síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina). Em função da inibição da enzima ALS, a planta sofre interrupção da síntese proteica e

interferência na síntese de DNA e no crescimento celular (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018). As diferenças observadas nos efeitos causados pelos herbicidas em virtude dos horários de aplicação indicam que um mesmo herbicida pode apresentar efeito variável, a depender de fatores ambientais no momento da aplicação (BARBAŚ et al., 2020).

Tabela 4. Altura, diâmetro de colmo e área foliar de plantas da cultivar de trigo TBIO Toruk em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários.

Tratamentos	Altura da planta			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	34,75 Ab ¹	34,75 Ab	34,75 Ab	34,75 Ab
Clodinafop-propargil	32,00 Bc	37,67 Aa	33,83 Bb	35,55 Ab
Iodosulfuron-methyl	35,33 Ab	36,94 Aa	35,11 Ab	36,33 Ab
Pyroxsulam	36,67 Ab	36,00 Ab	33,83 Bb	36,00 Ab
Bentazon	38,67 Aa	36,33 Ab	37,06 Aa	38,33 Aa
2,4-D amina	33,00 Bc	39,00 Aa	32,67 Bb	38,50 Aa
Metsulfuron-methyl	36,22 Ab	34,33 Bb	36,67 Aa	33,00 Bc
Média Geral		35,64		
C.V (%)		4,53		
Tratamentos	Diâmetro de colmo			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	3,79 Aa	3,79 Aa	3,79 Aa	3,79 Aa
Clodinafop-propargil	3,33 Ab	3,70 Aa	3,43 Aa	3,71 Aa
Iodosulfuron-methyl	3,90 Aa	3,60 Aa	3,48 Aa	3,86 Aa
Pyroxsulam	3,26 Ab	3,20 Aa	3,35 Aa	3,17 Ab
Bentazon	3,74 Aa	3,72 Aa	3,47 Aa	3,85 Aa
2,4-D amina	3,73 Aa	4,07 Aa	3,56 Aa	3,89 Aa
Metsulfuron-methyl	3,77 Aa	3,63 Aa	3,96 Aa	3,76 Aa
Média Geral		3,65		
C.V (%)		9,35		
Tratamentos	Área foliar			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	1512,79 Af	1512,79 Ad	1512,79 Aa	1512,79 Aa
Clodinafop-propargil	1010,67 Df	1963,04 Aa	1412,32 Cb	1533,29 Ba
Iodosulfuron-methyl	1560,11 Be	1890,39 Ab	1476,10 Ca	1417,45 Cb
Pyroxsulam	1832,11 Ac	946,07 Ce	990,69 Ce	1147,55 Bc
Bentazon	1760,20 Ad	1565,45 Bd	1087,06 Dd	1422,04 Cb
2,4-D amina	1950,38 Ab	1715,60 Bc	900,64 Df	979,42 Cd
Metsulfuron-methyl	2019,31 Aa	905,87 De	1328,16 Cc	1562,14 Ba
Média Geral		1443,83		
C.V (%)		2,95		

¹ Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott $p \leq 0,05$.

Ao se avaliar a área foliar da cultura do trigo os tratamentos se diferenciaram entre si, tanto entre os herbicidas utilizados quanto aos horários de aplicação (Tabela 4). Ao se comparar os horários de aplicação dentro de cada herbicida, percebe-se que ocorreu maior desenvolvimento da cultura para os herbicidas, pyroxsulam, bentazon, 2,4-D amina e

metsulfuron-methyl usados as 9 h (Tabela 4). O maior acúmulo de área foliar foi observado para o clodinafop-propargil e o iodosulfuron-methyl ao serem aplicados às 12 h, em relação aos demais horários em que foram usados. A aplicação de 2,4-D amina às 15 e às 18 h apresentou a menor área foliar do presente estudo. Todos os tratamentos herbicidas aplicados às 18 h demonstraram menor acúmulo de área foliar do trigo ao se comparar com as demais aplicações (9, 12 e 15 h). A redução de área foliar do trigo pela aplicação de alguns herbicidas pode ser explicada pelo gasto energético que a cultura tem para metabolizar ou degradar as moléculas, visto que para não causar maiores danos ao aparato celular a planta necessita de energia para esse processo (RUBENICH et al., 2017; ANTHIMIDOU et al., 2020).

Ao se comparar os tratamentos entre si, para cada horário, observou-se que o metsulfuron-methyl aplicado às 9 e às 18 h, o clodinafop-propargil às 12 e às 18 h e o iodosulfuron-methyl às 15 h demonstraram maior acúmulo de área foliar ao se comparar com o uso dos demais produtos, inclusive sendo iguais ou superiores estatisticamente a testemunha sem herbicidas (Tabela 4). Esse fato está relacionado com a ocorrência das baixas fitotoxicidades que esses herbicidas ocasionaram a cultivar de trigo estudada (Tabela 3). Mesmo apresentando fitotoxicidade visual na cultura do trigo com a aplicação de herbicidas, em especial do mecanismo de ação ALS (iodosulfuron-methyl, pyroxsulam e metsulfuron-methyl), esses herbicidas não impactaram no desenvolvimento do trigo nas doses adequadas, mantendo a produção de biomassa e produtividade da cultura (NAKKA et al., 2019; ANTHIMIDOU et al., 2020).

Observou-se maior concentração de CO₂ na câmara sub-estomática nas plantas de trigo ao se aplicar o iodosulfuron-methyl em todos os horários avaliado quando comparado com os demais tratamentos, inclusive a testemunha sem herbicidas (Tabela 5). Já o pyroxsulam apresentou maior concentração de CO₂ quando foi usado às 9, às 15 e às 18 h. Esses dois herbicidas pertencem ao mesmo mecanismo de ação, são herbicidas inibidores da ALS (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018). Os herbicidas pertencentes ao mecanismo de ação inibidor de ALS são metabolizados pela hidroxilação do citocromo P450, esta metabolização pode ser afetada pelo momento de aplicação e pela dose do produto. A aplicação de clodinafop-propargil, bentazon às 9, 12 e às 15 h apresentaram menor concentração de CO₂ ao se comparar com todos os demais tratamentos (Tabela 5). VIECELLI et al. (2019), ao aplicarem o herbicida bentazon na cultura do trigo observaram efeitos deletérios nos componentes de rendimento, principalmente quando associados com outros defensivos, fungicidas ou inseticidas, esse efeito pode estar atrelado a menores parâmetros fotossintéticos, como observado no presente estudo.

A condutância estomática não demonstrou variação com a aplicação dos herbicidas, porém houve diferenças significativas nos diferentes horários de aplicação dos herbicidas (Tabela 5). É possível observar reduções nas performances da condutância estomática quando aplicado 2,4-D amina às 9, 12 e 18 h e iodosulfuron-methyl às 9, 15 e 18 h. (Tabela 5). Isso se deve ao fato dessa variável ter relação direta com a abertura de estômatos e a atividade fotossintética, quando a planta está em ambiente com pouca luminosidade ou passando por período de estresse, fecha os estômatos, não sendo possível realizá-la (MANABE et al., 2014). AGOSTINETTO et al., (2016), observaram em relação aos parâmetros fotossintéticos, que houve redução das variáveis taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração quando os herbicidas metribuzin, metsulfuron-methyl e 2,4-D foram aplicados em plantas de trigo, corroborando em partes com os herbicidas utilizados do presente estudo.

Tabela 5. Concentração de CO₂ sub-estomática (Ci- $\mu\text{mol mol}^{-1}$), Condutância estomática (Gs – $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e taxa de transpiração (E – $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) da cultivar TBIO Toruk, em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários de aplicação.

Tratamentos	Concentração de CO ₂ sub-estomática (Ci- $\mu\text{mol mol}^{-1}$)			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	224,89 Ab ¹	224,22 Ac	224,89 Ab	224,89 Ab
Clodinafop-propargil	215,44 Bb	250,55 Ab	229,22 Bb	244,11 Aa
Iodosulfuron-methyl	245,77 Ba	261,33 Aa	260,33 Aa	245,66 Ba
Pyroxulam	251,96 Aa	224,22 Bc	261,89 Aa	244,66 Aa
Bentazon	216,66 Bb	243,55 Ab	223,11 Bb	240,14 Aa
2,4-D amina	250,11 Aa	261,33 Aa	227,66 Bb	224,17 Bb
Metsulfuron-methyl	252,33 Aa	224,22 Bc	225,00 Bb	244,66 Aa
Média Geral	238,13			
C.V (%)	4,61			
Tratamentos	Condutância estomática (Gs – $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$)			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	0,18 Aa	0,18 Aa	0,18 Aa	0,18 Aa
Clodinafop-propargil	0,18 Aa	0,16 Aa	0,22 Aa	0,18 Aa
Iodosulfuron-methyl	0,15 Ba	0,29 Aa	0,20 Ba	0,17 Ba
Pyroxulam	0,20 Aa	0,22 Aa	0,22 Aa	0,16 Aa
Bentazon	0,16 Aa	0,20 Aa	0,24 Aa	0,24 Aa
2,4-D amina	0,22 Ba	0,21 Ba	0,31 Aa	0,14 Ba
Metsulfuron-methyl	0,19 Aa	0,17 Aa	0,17 Aa	0,09 Aa
Média Geral	0,19			
C.V (%)	36,57			
Tratamentos	Taxa de transpiração (E – $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	2,57 Aa	2,57 Aa	2,57 Aa	2,57 Ab
Clodinafop-propargil	2,35 Ba	1,49 Cb	3,35 Aa	2,98 Ab
Iodosulfuron-methyl	2,07 Ba	3,19 Aa	3,25 Aa	1,60 Bc
Pyroxulam	2,41 Ba	3,31 Aa	3,35 Aa	2,70 Bb
Bentazon	2,44 Ba	2,94 Aa	1,78 Bb	3,60 Aa

2,4-D amina	2,43 Aa	2,88 Aa	3,02 Aa	1,34 Bc
Metsulfuron-methyl	2,63 Aa	2,90 Aa	1,75 Bb	2,67 Ab
Média Geral			2,59	
C.V (%)			21,42	

¹ Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott $p \leq 0,05$.

Os tratamentos envolvendo o pyroxsulam e o metsulfuron-methyl apresentam as maiores taxas fotossintéticas em todos os horários em que foram aplicados (Tabela 6). Já o iodosulfuron-methyl e o bentazon ao serem usados às 12, 15 e 18 h demonstram melhor desempenho fisiológico ao se comparar com os demais herbicidas, igualando-se a testemunha, ao pyroxsulam e ao metsulfun-methyl. O 2,4-D amina apresentou a menor taxa fotossintética ao ser aplicado às 18 h, ao ser comparado aos demais tratamentos. Isso ocorre devido a fitotoxicidade causada pelos herbicidas, em virtude de que, quando as plantas sofrem alguma injúria, elas começam a desencadear mecanismos de defesa e normalmente ocorre um maior investimento na produção de energia, no caso a fotossíntese, para que seja possível metabolizar o produto, além da emissão de folhas novas livres dos sintomas (TORRES et al., 2012).

Os tratamentos clodinafop-propargil e pyroxsulam demonstram resultados semelhantes na taxa de transpiração, destacando-se como melhores tratamentos no horário de aplicação às 15 h. Como apontado por MEDD et al., (2001) a elevada temperatura do ar no momento da aplicação demonstrou maior eficácia de clodinafop-propargil em plantas de *Avena* spp. em relação a temperaturas do ar inferiores e no presente estudo as 15 h ocorreu maior temperatura do ar, 22,7°C em relação aos demais horários (Tabela 2).

Para a variável taxa fotossintética, o clodinafop-propargil apresenta índice baixo, principalmente no horário de aplicação às 12 h, diferindo estatisticamente da testemunha sem aplicação e dos demais herbicidas testados (Tabela 6). Com relação aos demais horários avaliados na variável, observou-se uma acentuada diminuição da taxa fotossintética para o uso do 2,4-D, sendo em média 105% menor quando comparado com a testemunha e os demais herbicidas (Tabela 6). Esse herbicida em específico é responsável mimetizar auxinas, que podem desregular processos metabólicos e fisiológicos nas plantas, assim diminuindo a atividade fotossintética e como consequência pode-se ter perdas de produtividade (BEDIN et al., 2022).

Ainda sobre taxa fotossintética e eficiência de carboxilação os menores resultados foram apresentados nos mesmos horários (9 e 18 h) somente com diferenciação de herbicidas, principalmente com a aplicação de iodosulfuro-methyl, clodinafop-propargil e bentazon (Tabela 6). A aplicação desses herbicidas e do 2,4-D amina às 9 e às 18 h apresentaram as

menores taxas fotossintéticas ao se comparar com todos os demais tratamentos. Os resultados corroboram com os encontrados por RUBENICH et al., (2017), os quais demonstraram que o bentazon e o iodosulfuron-methyl não influenciaram a taxa fotossintética da cultura quando aplicados em condições de início da tarde, somente teve alteração quando ocorreu maior exposição a luz. Resultados mostram que a influência de baixas temperaturas do ar aumentam o conteúdo de cera das folhas e diminuem o metabolismo das plantas, resultando em menor absorção e translocação do produto (CIESLIK et al., 2013), fortalecendo a hipótese de alteração nos parâmetros fisiológicos das plantas com a aplicação dos herbicidas em diferentes horários do dia.

Tabela 6. Concentração de CO₂ sub-estomática (Ci- $\mu\text{mol mol}^{-1}$), Eficiência de carboxilação (EC – $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) da cultivar TBIO Toruk, em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários de aplicação.

Tratamentos	Taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	14,47 Aa ¹	14,47 Aa	14,47 Aa	14,47 Aa
Clodinafop-propargil	12,73 Bb	6,31 Cb	16,79 Aa	14,43 Ba
Iodosulfuron-methyl	9,97 Bb	15,96 Aa	16,01 Aa	14,16 Aa
Pyroxsulam	16,36 Aa	16,12 Aa	15,60 Aa	13,80 Aa
Bentazon	9,63 Bb	11,85 Ba	14,41 Aa	16,89 Aa
2,4-D amina	16,81 Aa	15,24 Aa	14,50 Aa	6,31 Bb
Metsulfuron-methyl	14,54 Aa	13,70 Aa	13,56 Aa	13,58 Aa
Média Geral	13,83			
C.V (%)	16,00			
	Eficiência de carboxilação (EC – $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
Testemunha sem herbicida	0,07 Aa	0,06 Aa	0,07 Aa	0,07 Ab
Clodinafop-propargil	0,06 Ba	0,03 Cb	0,07 Aa	0,06 Ba
Iodosulfuron-methyl	0,04 Bb	0,06 Aa	0,06 Aa	0,06 Aa
Pyroxsulam	0,07 Aa	0,07 Aa	0,06 Aa	0,06 Aa
Bentazon	0,05 Bb	0,05 Ba	0,07 Aa	0,07 Aa
2,4-D amina	0,07 Aa	0,06 Aa	0,06 Aa	0,03 Bb
Metsulfuron-methyl	0,06 Aa	0,06 Aa	0,06 Aa	0,06 Aa
Média Geral	0,06			
C.V (%)	17,38			
	Uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$)			
Testemunha sem herbicida	5,63 Aa	5,63 Aa	5,63 Ab	5,63 Ab
Clodinafop-propargil	5,70 Aa	4,93 Aa	5,04 Ab	4,91 Ab
Iodosulfuron-methyl	4,97 Ba	5,13 Ba	4,93 Bb	10,35 Aa
Pyroxsulam	7,20 Aa	5,03 Aa	4,65 Ab	5,07 Ab
Bentazon	4,12 Ba	4,22 Ba	10,49 Aa	4,74 Bb
2,4-D amina	7,25 Aa	5,48 Aa	5,00 Ab	5,11 Ab
Metsulfuron-methyl	5,51 Ba	4,86 Ba	11,63 Aa	5,16 Bb
Média Geral	5,86			

C.V (%)

42,18

¹ Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott $p \leq 0,05$.

A taxa fotossintética, a condutância estomática e a eficiência de carboxilação foram pouco afetadas pelos tratamentos herbicidas quando aplicados nos diferentes horários (Tabelas 5 e 6). O fato das aplicações às 15 h não ter apresentado diferenças pode estar associado aos mecanismos de defesa da planta, como metabolização, conjugação ou até mesmo compartimentalização do herbicida. Segundo DALASTRA et al., (2014) às plantas que estão submetidas as condições climáticas adequadas, não sofrendo com estresses hídricos, influência de herbicida, quantidade de luz adequada, apresentaram concentrações mais altas de CO₂ e taxa fotossintéticas elevadas.

Observou-se maior índice da eficiência do uso da água nas plantas de trigo ao se aplicar o metsulfuron-methyl e o bentazon quando ao se comparar com os demais tratamentos, inclusive a testemunha sem herbicida (Tabela 6). Para esses mesmos herbicidas aplicados às 15 h foi observado melhores índices quando comparados aos demais horários.

Às 18 h a aplicação de todos os tratamentos demonstra a ocorrência de menor uso eficiente da água, exceto para o tratamento com iodosulfuron-methyl que apresentou resultado superior aos demais, incluindo a testemunha sem aplicação (Tabela 6). A redução desses parâmetros fotossintéticos reforça a hipótese de estresse causado pelos herbicidas aplicados na cultura do trigo. Durante a etapa fotoquímica da fotossíntese ocorre esse estresse relacionado com o fluxo de elétrons, onde o excesso de elétrons que se conectam com os oxigênios reativos acarreta estresse, conforme observado por AGOSTINETTO et al., (2016) ao trabalharem com aplicação de herbicidas em trigo. Os demais tratamentos igualaram-se estatisticamente a testemunha sem aplicação, apresentando maior uso eficiente da água, independentemente do horário em que foram aplicados.

Observou-se que todos os herbicidas ocasionaram redução no índice de clorofila do trigo em comparação com a testemunha nos horários em que foram aplicados, exceto o pyroxsulam e 2,4-D ao serem usados às 9 h, bentazon às 12 h e iodosulfuron-methyl às 15 e 18 h (Tabela 7). Quando os índices de clorofila são menores que a testemunha demonstra que a cultura apresentou alguns sintomas de fitotoxicidade ou clorose na folha. Quanto maiores forem os índices de clorofila, isso representa que a cultura metaboliza o herbicida e mantém sua atividade fotossintética nos níveis normais (FEHRI et al., 2017; SHIBAEVA et al., 2020).

A massa seca da parte aérea do trigo não foi influenciada negativamente por nem um dos produtos aplicados as 9 h, onde esses igualaram-se estatisticamente a testemunha sem

herbicidas (Tabela 7). Já o uso de pyroxsulam às 12 e 15 h, bem como o bentazon às 15 e 18 h apresentaram menor produção de massa seca da parte aérea do trigo ao se comparar com todos os demais tratamentos. Ocorreu maior acúmulo de massa seca da parte aérea do trigo com a aplicação às 18 h de iodosulfuron-methyl, pyroxsulam e metsulfuron-methyl ao se comparar com os demais tratamentos. Visto serem herbicidas de um mesmo mecanismo de ação é possível a aplicação no horário com maior umidade relativa, menor temperatura do ar e menor luminosidade possa ter contribuído para a rápida metabolização desses herbicidas e assim acumular maior massa seca na parte aérea. Mesmo apresentando fitotoxicidade visual na cultura do trigo com a aplicação de herbicidas, em especial do mecanismo de ação ALS (iodosulfuron-methyl, pyroxsulam e metsulfuron-methyl), esses herbicidas não impactaram no desenvolvimento do trigo nas doses adequadas, mantendo a produção de biomassa e produtividade da cultura (NAKKA et al., 2019; ANTHIMIDOU et al., 2020).

O pyroxsulam foi o herbicida que demonstrou o maior índice de fitotoxicidade (Tabela 3) e ocasionou menor produção de área foliar na cultura, quando aplicado às 15 h (Tabela 4) e o que pode implicar diretamente na variável massa seca da parte aérea do trigo (Tabela 7). A massa seca das plantas tem relação direta com as demais variáveis analisadas, principalmente com a área foliar (DORNELES et al., 2019).

Tabela 7. Índice de clorofila (SPAD) e massa seca da parte aérea (g) da cultivar de trigo TBIO Toruk, em função da aplicação de herbicidas em diferentes horários.

Tratamentos	Índice de clorofila			
	9:00	12:00	15:00	18:00
Testemunha sem herbicida	51,00 Aa	51,00 Aa	51,00 Aa	51,00 Aa
Clodinafop-propargil	45,88 Ab	46,95 Ab	43,53 Ab	46,10 Ab
Iodosulfuron-methyl	44,60 Bb	46,60 Bb	49,43 Aa	48,70 Aa
Pyroxsulam	51,60 Aa	45,57 Bb	45,50 Bb	46,35 Bb
Bentazon	44,67 Bb	51,00 Aa	44,70 Bb	44,58 Bb
2,4-D amina	49,85 Aa	47,53 Ab	47,30 Ab	45,00 Ab
Metsulfuron-methyl	44,88 Ab	44,97 Ab	47,23 Ab	45,90 Ab
Média Geral	47,23			
C.V (%)	4,89			
	Massa seca da parte aérea			
Testemunha sem herbicida	19,87 Aa	19,87 Aa	19,87 Aa	19,87 Ab
Clodinafop-propargil	22,60 Aa	21,59 Aa	22,35 Aa	19,94 Ab
Iodosulfuron-methyl	24,66 Aa	22,32 Aa	18,12 Ba	23,13 Aa
Pyroxsulam	22,36 Aa	14,31 Bb	11,57 Bc	22,69 Aa
Bentazon	22,15 Aa	22,78 Aa	14,96 Bb	19,37 Ab
2,4-D amina	22,49 Aa	21,75 Aa	19,35 Aa	20,37 Ab
Metsulfuron-methyl	24,56 Aa	24,68 Aa	20,73 Ba	22,75 Ba
Média Geral	20,75			
C.V (%)	10,56			

¹ Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott $p \leq 0,05$.

Ao se comparar os horários entre si, para cada tratamento avaliado observou-se que a testemunha sem herbicidas, o clodinafop-propargil e o 2,4-D amina não apresentaram diferenças significativas para massa seca da parte aérea em todos os horários em que foram aplicados (9, 12, 15 e 18 h (Tabela 7)). Os herbicidas iodosulfuron-methyl, pyroxsulam, bentazon e metsulfuron-methyl usados às 15 h demonstram menor produção de massa seca da parte aérea ao se comparar com os demais horários. Esse reflexo pode estar correlacionado com a fitotoxicidade encontrada na maioria das avaliações para esse momento de aplicação. O metsulfuron-methyl também produziu menor quantidade de massa seca da parte aérea ao ser aplicado às 18 h. A massa seca da parte aérea é influenciada pelo desenvolvimento da cultura, neste tratamento houve redução, pois o herbicida utilizado pertence ao mecanismo de ação ALS, que atuam na inibição da enzima que interfere no crescimento celular (ANTHIMIDOU et al., 2020; BALEM et al., 2021).

4. CONCLUSÕES

O pyroxsulam apresentou maior fitotoxicidade em todas as avaliações e horários de aplicação na cultivar de trigo TBIO Toruk.

O iodosulfuron-methyl foi o herbicida que apresentou os menores índices de fitotoxicidade ao trigo.

De modo geral, há tendência que às aplicações nos horários das 12 e 15 h proporcionem maiores fitotoxicidades a cultivar de trigo TBIO Toruk.

As aplicações dos herbicidas nos horários das 12 e 15 h causou efeitos negativos nas características fisiológicas da cultura do trigo.

O herbicida pyroxsulam aplicado às 15 h, causou redução da massa seca da parte aérea das plantas de trigo.

O bentazon, o 2,4-D amina e o iodosulfuron-methyl apresentaram os melhores resultados na maioria das variáveis avaliadas.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Alterações na fotossíntese e estresse oxidativo em plantas de trigo submetidas à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 34, n.1, p.1-9, 2016.
- AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 16 de maio de 2024.
- ANTHIMIDOU, E. et al. Mechanisms of *Lolium rigidum* multiple resistance to ALS- and ACCase-inhibiting herbicides and their impact on plant fitness. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 164, s/n, p. 65-72, 2020.
- BALEM, 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.
- BARBAŚ, P. et al. Efeito de tratamentos mecânicos e herbicidas na densidade e biomassa de plantas daninhas em duas cultivares de batata. **Agricultura**, v. 10, n.10, p.455, 2020.
- 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, p. e020202353, 2020.
- BARROS, J.; CALADO, J. Rotação de herbicidas em trigo para prevenir a resistência das infestantes em condições Mediterrânicas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n.1, p. 3-13, 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 229, 1 dez. 2010. Seção 1.
- BEDIN, A. et al. Respostas morfofisiológicas de cultivares de trigo à aplicação de sais de 2,4-D amina e colina. **Weed Control Journal**, v. 21, s/n p. 1-10, 2022.
- CIESLIK, L. F. et al. Eficácia de fluazifop-p-butyl em função da hora de aplicação e da dose do herbicida. **Planta Daninha**, v. 35, e017167349, 2017.
- CIESLIK, L. F. et al. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: Revisão. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p. 483-489, 2013.
- COLOMBO, M. et al. Agronomic performance of wheat under post-emergence herbicide application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, e69908, 2022.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

- CUNHA, J. P. A. R. et al. Pesticide application windows in the region of Uberlândia-MG, Brasil. **Bioscience Journal**, v.32, n.2, p.403-411, 2016.
- DALASTRA G. M. et al. Trocas gasosas e produtividade de três cultivares de meloeiro conduzidas com um e dois frutos por planta. **Bragantia**, v.7, n.5, p.365-371, 2014.
- 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.
- DORNELES, K. R. et al. Respostas morfofisiológicas e rendimento de grãos do trigo mediados pelo aumento da concentração de CO₂ atmosférico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n.1, p. 1-7, 2019.
- 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.
- FERHI, J. et al. Potential of the physiological response of pea plants (*Pisum sativum* L.) to iron deficiency (direct or lime-induced). **Bioscience Journal**, v.33, n.5, p.1208-1218, 2017.
- GALON, L. et al. Manejo químico de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n.8, p. 1-22, 2023.
- GALON, L. et al. Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados à cultura do trigo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 20, n. 3, p. 199-212, 2021.
- GHARDE, Y. et al. Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. **Crop Protection**, v. 107, n.1, p. 12-18, 2018.
- HASANFARD, A. et al. Freezing stress affects the efficacy of clodinafop-propargyl and 2,4-D plus MCPA on wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu) and turnipweed [*Rapistrum rugosum* (L.) All.] in wheat (*Triticum aestivum* L.). **PLoS ONE**, v. 17, n.10, e0274945, 2022.
- IDZIAK, R. et al. Impact of multifunctional adjuvants on efficacy of sulfonylurea herbicide applied in maize (*Zea mays* L.). **Plantas**, v. 12, n.5, p.1118, 2023.
- JUNIOR, J. D. G. et al. Doses de glifosato e temperatura da calda de aplicação no controle de capim braquiária. **Energia na Agricultura**, v. 35, n.4, p. 468-475, 2020.
- LAMEGO, F. P. et al. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 521-531, 2013.
- LAU, D. et al. Principais doenças do trigo no sul do Brasil: diagnóstico e manejo. Passo Fundo, RS, Embrapa Trigo. **Comunicado Técnico Online**, v. 375, 2020.
- LOPES, A. F. et al. Control of sourgrass with graminicide herbicides after different water restriction periods. **Weed Control Journal**, v.20, s/n, p. 1-8, 2021.

- MACIEL, C. D. G. D. et al. Eficiência de controle de cipó-de-veado por glyphosate e glyphosate + 2, 4-D em diferentes horários de aplicação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 380-387, 2016.
- MANABE, P. M. S. et al. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, v.30, n.6, p. 1721-1728, 2014.
- MARÍN-BENITO, J. M. et al. Estudo prévio de degradação de dois herbicidas para simular seu destino em solo franco-arenoso: efeito da temperatura e dos aditivos orgânicos. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 653, p.1301-1310, 2019.
- MEDD, R.W. et al. Determination of environment-specific dose–response relationships for clodinafop-propargyl on *Avena* spp. **Weed research**, v.4, s/n, p.351-368, 2001.
- NAKKA, S. et al. Herbicide resistance: Development of wheat production systems and current status of resistant weeds in wheat cropping systems. **The Crop Journal**, v. 7, n. 6, p. 750-760, 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.
- PEEL, M. C. et al. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, n.5, p. 1633-1644, 2007.
- RODRIGUES, A. A. F. et al. Tecnologias de aplicação de defensivos agrícolas na cultura do cafeeiro. **Revista Agroveterinária**, v. 1, n.1, p. 77-90, 2019.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 7ª ed. Londrina: Edição dos autores, 2018. 764p.
- RUBENICH, R. et al. Efeito da redução de luz na seletividade a herbicidas e rendimento de grãos do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 296-306, 2017.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2019.
- SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016) Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, Brasil, 376 p.
- SHIBAEVA, T. G.; MAMAEV, A. V.; SHERUDILO, E. G. Evaluation of a SPAD-502 Plus chlorophyll meter to estimate chlorophyll content in leaves with interveinal chlorosis. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.67, s/n, p.690–696, 2020.
- SILVA, P. V. et al. Selectivity of post-emergence herbicides in soybean and their efficacy on the control of *Conyza* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 600-609, 2023.

- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3.ed. UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, Porto Alegre, 2018, 251p.
- SZARKA, A. Z. et al. Influence of nozzle type and wind speed on deposition and interception of pesticide spray drift: a case study with atrazine. **ACS Agricultural Science & Technology**, v. 3, n.3, p. 296-304, 2023.
- 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, Part B**. v. 57, n. 9, p. 729-738, 2022.
- TORRES, L. G. et al. Changes in the physiological characteristics of sugarcane cultivars submitted to herbicide application. **Planta Daninha**, v.30, n.3, p.581-587, 2012.
- VELINI, E. D. et al. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. 1995. 42 p.
- VIECELLI, M. et al. Response of wheat plants to combinations of herbicides with insecticides and fungicides. **Planta Daninha**, v. 37, s/n, p. 1-12, 2019.
- WANG, Z. et al. Dynamic evaporation of droplet with adjuvants under different environment conditions. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v.13, n.2, p.1-6, 2020.