



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS ERECHIM

CURSO DE AGRONOMIA

JUNIOR BOHM

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU
ASSOCIADOS NA CULTURA DO MILHO**

ERECHIM - RS

2024

JUNIOR BOHM

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU
ASSOCIADOS NA CULTURA DO MILHO**

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

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM - RS

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bohm, Junior

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO
OU ASSOCIADOS NA CULTURA DO MILHO / Junior Bohm. --
2024.

25 f.

Orientador: Prof. D. Sc Leandro Galon

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

I. Galon, Leandro, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

JUNIOR BOHM

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU ASSOCIADOS NA CULTURA DO MILHO

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

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

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

12/06/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon (Orientador)
UFFS - Erechim

Prof. Dr. Altemir Jose Mossi
UFFS – Erechim

Prof. Dr. Valdecir Jose Zonin
UFFS – Erechim

Erechim/RS, junho de 2024.

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU ASSOCIADOS NA CULTURA DO MILHO

Resumo: Entre as estratégias utilizadas para o controle de plantas daninhas em lavouras de milho, o método químico destaca-se como o mais usado pelos agricultores pela eficiência, praticidade e menor custo ao se comparar com outras alternativas disponíveis. Diante disso o presente trabalho tem como objetivo avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em isolado ou associados no híbrido de milho FS 400 PWU. Foram repetidos os mesmos experimentos e tratamentos por duas safras agrícolas (2020/21 e 2021/22) no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos aplicados em pós-emergência foram: amônio-glufosinate (400 g ha^{-1}), mesotrione + atrazine ($120 + 1200 \text{ g ha}^{-1}$), 2,4-D amina (1209 g ha^{-1}), dicamba (720 g ha^{-1}) e 2,4-D colina ($2005,86 \text{ g ha}^{-1}$). Estes tratamentos foram aplicados de modo isolado ou em mistura em tanque do pulverizador, adicionado ainda mais duas testemunhas, sendo uma capinada e outra infestada. Aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) foi avaliada a fitotoxicidade dos herbicidas ao milho. As características fisiológicas do milho foram aferidas aos 21 e 27 DAT para as safras 2020/21 e 2021/22, respectivamente. Na colheita do milho foram determinados os componentes de rendimento (comprimento de espigas, peso de mil grãos e produtividade de grãos). Os herbicidas que apresentaram as maiores fitotoxicidades ao milho foram, o amônio-glufosinate + 2,4-D amina, amônio-glufosinate + 2,4-D colina e mesotrione + atrazine + 2,4-D colina aplicados em mistura em tanque. O uso de forma isolada de amônio-glufosinate e mesotrione + atrazine demonstraram as menores fitotoxicidades ao híbrido de milho FS 400 PW. Os herbicidas, 2,4-D amina, dicamba e 2,4-D colina associados com amônio-glufosinate e com mesotrione+atrazine aumentaram os índices de fitotoxicidade ao milho. O amônio-glufosinate + mesotrione + atrazine apresentou o melhor desempenho para todas as variáveis fisiológicas avaliadas, concentração interna de CO_2 (Ci), taxa de transpiração (E), condutância estomática de vapores de água (GS), taxa fotossintética (A), o uso eficiente da água (EUA) e a eficiência de carboxilação (EC), ao se comparar com os demais tratamentos. A aplicação em isolado de amônio-glufosinate demonstrou melhor desempenho nos componentes de rendimento do milho, igualando-se estatisticamente a testemunha capinada. A testemunha capinada e o amônio-glufosinate apresentaram incremento médio na produtividade de grãos do milho de 2,58 e 2,27 t ha^{-1} ou 86,72 e 76,40%, respectivamente ao se comparar com a testemunha infestada. O uso dos herbicidas de modo isolado ocasiona menor fitotoxicidade ao milho híbrido FS 400 PW do que as aplicações em mistura em tanque do pulverizador e consequentemente se tem maior produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*, associação de herbicidas, mistura em tanque.

SELETIVITY OF HERBICIDES APLIED ALONE OR ASSOCIATED IN CULTURA OF CORN

ABSTRACT: Among the strategies used to control weeds in corn fields, the chemical method is the most used by farmers because it is efficient, practical, and cheaper compared to other available options. Therefore, this study aims to evaluate the selectivity of herbicides applied alone or combination of the hybrid FS 400 PW. Experiments were repeated for two agricultural seasons (2020/21 and 2021/22) using a randomized block design with four repetitions. The treatments applied post-emergence they were: ammonium glufosinate (400 g ha^{-1}), mesotrione + atrazine ($120 + 1200 \text{ g ha}^{-1}$), 2,4-D amine (1209 g ha^{-1}), dicamba (720 g ha^{-1}) and 2,4-D coline ($2005.86 \text{ g ha}^{-1}$). These treatments were applied alone or in combination in the tank mix, with two additional controls, one weeded and one infested. To the 7, 14, 21, 28, and 35 days after the treatments were applied (DAT) the phytotoxicity of the herbicides to the corn he was evaluated. The physiological characteristics of the corn were measured at 21 days after treatment (DAT) for the 2020/21 season and at 27 DAT for the 2021/22 season. At the corn harvest, yield components (ear length, weight of 1000 grains, and grain productivity) were determined. The herbicides that showed the highest phytotoxicity to the corn were ammonium-glufosinate + 2,4-D amine, ammonium-glufosinate + 2,4-D choline, and mesotrione + atrazine + 2,4-D choline applied in a tank mix. The use of ammonium-glufosinate alone and mesotrione + atrazine showed the lowest phytotoxicity to the hybrid corn FS 400 PW. The herbicides 2,4-D amine, dicamba, and 2,4-D choline combined with ammonium-glufosinate and with mesotrione + atrazine increased the phytotoxicity levels to the hybrid corn FS 400 PW. The combination of ammonium-glufosinate, mesotrione, and atrazine showed the best performance for all evaluated physiological variables: internal CO_2 concentration (C_i), transpiration rate (E), stomatal conductance of water vapor (G_S), photosynthetic rate (A), water use efficiency (WUE), and carboxylation efficiency (CE) compared to the other treatments. The use of ammonium-glufosinate alone demonstrated better performance in corn yield components (ear length, weight of 1000 grains, and grain productivity), statistically equaling the weeded control. The weeded control and ammonium-glufosinate showed an average increase in corn grain productivity of 2.58 and 2.27 t ha^{-1} or 86.72% and 76.40%, respectively, compared to the unweeded control. The use of herbicides in isolation causes less phytotoxicity to hybrid corn FS 400 PW than applications in mixtures in a tank mix and, consequently, there is greater grain productivity.

Keywords: *Zea mays*, herbicide mixtures, tank mix.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
MATERIAL E METODOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS.....	20

INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais importantes para consumo humano e animal, contendo fonte de proteína e carboidratos, além de ser utilizado para produção de etanol (CONAB, 2024). O Brasil, ocupa a terceira posição na produção mundial de milho ficando atrás dos Estados Unidos da América e da China (FAO, 2024). A produtividade média brasileira é de 4,47 t ha⁻¹ (CONAB, 2024) muito aquém das lavouras que adotam elevadas tecnologias ou áreas de pesquisa.

Entre os fatores que afetam negativamente a produtividade de grãos do milho destaca-se a interferência ocasionada pelas plantas daninhas (BRUNHARO et al., 2014; HECK et al., 2020). As plantas daninhas competem com o milho por água, luz, nutrientes, além de poderem ser hospedeiras de insetos e doenças, ou mesmo liberarem substâncias alelopáticas que interferem no crescimento e desenvolvimento da cultura. Essa interferência pode ocasionar perdas de até 80% na produtividade, se o manejo não for adequando ou mesmo se ter efeito negativo na qualidade dos grãos colhidos e menor eficiência ou maior custo no processo de colheita (GALON et al., 2020; ZANDVAKILI et al., 2020; CHU et al., 2022).

Apesar de existirem vários métodos para o controle de plantas daninhas infestantes da cultura do milho, a principal ferramenta adotada pelos produtores é o uso de herbicidas, em razão da facilidade, eficácia e menor custo ao se comparar com outras formas de manejo (BASSO et al., 2018; REZENDE et al., 2020).

O uso de híbridos de milho que apresentem resistência a herbicidas, dentre eles o glyphosate e o amônio-glufosinate é considerado uma evolução no controle de plantas daninhas. No entanto a aplicação desses herbicidas de modo isolado em algumas situações tem deixado a desejar no controle das espécies de plantas daninhas que aparecem nas lavouras, especialmente as tolerantes e/ou resistentes ao glyphosate (MATTE et al., 2018) ou aquelas que se encontram em estágio mais avançado em que o amônio-glufosinate também não tem sido eficiente (KRENCHINSKI et al. 2019). No Brasil já foram registrados 57 casos de espécies de plantas daninhas resistentes a herbicidas, pertencentes a vários mecanismos de ação, e dentre esses mais de 12 casos somente ao glyphosate. No Brasil relataram um novo caso de resistência de planta daninha ao glyphosate foi relatado, sendo a espécie *Bidens subalternans*, popularmente conhecido como picão-preto (ADEGAS et al., 2023; HEAP, 2024).

A resistência de plantas daninhas no decorrer do tempo vem se expandindo pelo uso de produtos de forma repetida, com o mesmo mecanismo de ação sem rotacionar culturas ou herbicidas. Desse modo torna-se importante e se recomenda que os produtores efetuem a associação ou misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação para se ter eficiência

e impedir novas plantas daninhas resistentes e/ou controle das tolerantes, especialmente ao glyphosate (BRUNHARO et al., 2022).

A associação ou mistura de herbicidas aplicados em pré ou pós-emergência das culturas, é uma prática comumente utilizada pelos produtores no decorrer dos anos, que proporciona sinergismo dos herbicidas ajudando no controle de espécies de plantas daninhas dicotiledôneas e/ou monocotiledôneas, além de auxiliar o manejo de plantas resistentes ou tolerantes a herbicidas, ou evitar o surgimento de novos biótipos resistentes (MATTE et al., 2018; BASSO et al., 2018; SILVA et al., 2020; OFOSU et al., 2023).

Na atualidade o uso de misturas de herbicidas em tanque do pulverizador necessita de se ter conhecimentos relacionados aos efeitos que esses produtos associados podem ocasionar, tanto a cultura quanto a planta daninha, como o antagonismo, sinergismo ou aditividade. Dentre esses destaca-se que a mistura para ser efetuada precisa ainda demonstrar seletividade ao milho e que venha a controlar as plantas daninhas (MACIEL et al., 2018).

O uso de herbicidas nas culturas pode exercer efeitos diretos e indiretos no crescimento e desenvolvimento das plantas, levando assim a alterações nos processos fisiológicos e metabólicos, desregulando os mecanismos de defesa, ocasionando intoxicações, oxidação celular, alterações na absorção de nutrientes, dentre outros (DREESEN et al., 2018; SALOMÃO et al., 2020). A aplicação de herbicidas em milho quando esses não demonstrarem seletividade pode ocasionar efeitos negativos também sobre os componentes de rendimentos de grãos (KHAN et al., 2020) e conseqüentemente se ter perda na produtividade de grãos (MATTE et al., 2018; REZENDE et al., 2020; KUMAR et al., 2021)

A hipótese do presente estudo é que a aplicação de herbicidas de modo isolado ou associados em milho é seletiva à cultura. Diante disso o presente trabalho tem como objetivo avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em isolado ou associados no híbrido de milho FS 400 PW.

MATERIAL E METODOS

Os experimentos foram instalados na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim, RS, nos anos agrícolas de 2020/21 e 2021/22, nas coordenadas geográficas 27°43'47"S de latitude e 52°17'37"W de longitude e altitude de 670 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumino Férrico típico (STRECK et al., 2018). 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 condições climáticas ocorridas durante a condução do experimento estão dispostas na Figura 1. Os experimentos foram replicados por dois anos agrícolas, com os mesmos tratamentos para avaliar a seletividade do híbrido de milho Forseed 400 PW ao se usar os herbicidas em isolado ou associados (misturas) no tanque do pulverizador.

O solo da área experimental, em que foram instalados os experimentos, apresentava as seguintes características físico-químicas: pH em água de 5,0; MO = 4,42%; P = 10,05 mg dm⁻³; K = 170,28 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 5,80 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 4,10 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 10,56 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 16,77 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,21 cmol_c dm⁻³; saturação de bases = 62,97% e argila = 72%. A correção da fertilidade do solo foi realizada de acordo com a análise química e seguindo-se as recomendações de adubação para a cultura do milho (SBCS, 2016).

Cada unidade experimental apresentou, nos dois ensaios, delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, com dimensões de 5 x 3 m (comprimento e largura) totalizando 15 m², contendo 6 linhas de semeadura espaçadas a 0,50 m entre si. A área útil dos experimentos foi de 6 m² para a coletas de dados das variáveis respostas estudadas, correspondendo à área central da parcela, descartando-se uma linha em cada lateral e 1 m de bordadura frontal e terminal. O híbrido de milho utilizado em ambos os experimentos foi o Forseed 400 PW, com tolerância aos herbicidas amônio-glufosinate e glyphosate. Foi usado nos experimentos a densidade de 3,65 sementes por metro linear, o que proporcionou uma população aproximada de 73.000 plantas ha⁻¹. A adubação química efetuada no sulco de semeadura foi de 462 kg ha⁻¹ da fórmula 13-24-12 de N-P-K e o uso de nitrogênio em cobertura realizado em dois momentos, nos estádios V3 a V4 e V5 a V6 do milho, na dose de 75 kg ha⁻¹ de N, o que totalizou 167 kg ha⁻¹ de ureia com 45% de N nas duas aplicações.

As semeaduras mecanizadas dos experimentos foram efetuadas com semeadora/adubadora de precisão, em 13/11/2020 para o ensaio I e 13/09/2021 para o ensaio II, respectivamente, em sistema de plantio direto na palha. As coberturas de solo para os dois experimentos foram compostas por um mix de aveia preta + ervilha + nabo, totalizando 5,7 e 6,0 t ha⁻¹ de massa seca, respectivamente, sendo essas dessecadas com os herbicidas, glyphosate + saflufenacil (1440 + 49 g ha⁻¹) + óleo mineral (0,5% v/v), 15 dias antes da semeadura.

Os tratamentos utilizados nos dois experimentos estão dispostos na Tabela 1. As aplicações dos herbicidas foram efetuadas com um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, acoplado a esse uma barra de 2 m de largura, com pontas do tipo leque modelo DG 110.02, distanciadas a 0,5 m entre si, com 210 kPa de pressão, deslocamento de

3,6 km h⁻¹, calibrado para aspergir um volume de calda de 150 L ha⁻¹. A aplicação dos herbicidas foi realizada quando as plantas de milho se encontravam nos estádios de V3 a V4 (três e quatro folhas totalmente expandidas). As condições ambientais durante as aplicações dos herbicidas podem ser observadas na Tabela 2.

A fitotoxicidade ocasionada pelos herbicidas às plantas de milho foram realizadas visualmente aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), atribuindo-se notas percentuais, sendo zero (0%) aos produtos que ocasionaram ausência de injúrias sobre o milho e cem (100%) para a morte das plantas da cultura (VELINI et al., 1995).

As avaliações das trocas gasosas foram efetuadas aos 21 e 27 DAT para as safras 2020/21 e 2021/22, respectivamente utilizando-se para isso um analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo LCpro-SD (ADC BioScientific Ltd). As variáveis avaliadas foram: concentração interna de CO₂ (Ci - μmol mol⁻¹), taxa de transpiração (E - mol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (Gs - mol m⁻² s⁻¹), atividade fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹), eficiência do uso da água (EUA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹) e eficiência de carboxilação (EC - mol CO₂ m⁻² s⁻¹). A eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/E e A/Ci, respectivamente. Cada bloco experimental foi avaliado sob iluminação natural em um dia, entre 7 e 11:00 h, em condições de céu aberto, de forma que se mantivessem as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Na pré-colheita do milho avaliou-se o comprimento de espigas (cm), determinado em 10 espigas colhidas de forma aleatória em cada unidade experimental. O comprimento de espigas foi aferido com auxílio de uma régua graduada em milímetros (mm). A colheita do milho foi realizada quando os grãos atingiram 18% de umidade, em área útil de 6,0 m² por unidade experimental, efetuando-se posteriormente a trilha com trilhadeira de parcelas. Determinou-se também o peso de mil grãos (g), contando-se 8 amostras de 100 grãos cada e pesando-se as mesmas em balança analítica. Para as análises, a umidade dos grãos foi ajustada para 13% e os dados de produtividade foram extrapolados para kg ha⁻¹.

Os dados foram analisados conjuntamente, ou seja, as duas safras agrícolas (2020/21 e 2021/22) foram agrupadas visando diluir o efeito do ano nos resultados experimentais. Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e, após a comprovação da normalidade dos erros, realizou-se análise de variância pelo teste F, sendo os resultados significativos, aplicou-se o teste de Scott-Knott. As análises foram realizadas no programa Sisvar 5.6 (FERREIRA et al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação de amônio-glufosinate + 2,4-D amina, amônio-glufosinate + 2,4-D colina e mesotrione + atrazine + 2,4-D colina em mistura em tanque, ocasionaram as maiores fitotoxicidades ao milho, com índices de 22 até 36%, dos 7 aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos - DAT (Tabela 3). Valores de fitotoxicidade ocasionados por herbicidas, abaixo de 20% são considerados aceitáveis a leves (MAIA et al., 2019; SILVA et al., 2022). Nesse caso os tratamentos mencionados anteriormente ficaram em patamares superiores aos aceitáveis. De acordo com KRENCHINSKI et al., (2019) o uso de 2,4-D quando misturado em tanque com os herbicidas amônio-glufosinate demonstrou aumento da fitotoxicidade para a cultura do milho em pós-emergência.

A partir dos 21 DAT a aplicação isolada de 2,4-D colina e de mesotrione + atrazine associados ao 2,4-D amina demonstraram elevadas fitotoxicidades, igualando-se estatisticamente ao amônio-glufosinate + 2,4-D amina, amônio-glufosinate + 2,4-D colina e mesotrione + atrazine + 2,4-D colina (Tabela 3). Quando se aplicou o amônio-glufosinate em milho tolerante a esse herbicida e associado com auxinas ocorreu degradação rapidamente da amônia, tornando-a não tóxica a cultura, restando o herbicida auxínico na planta (KRENCHINSKI et al., 2019). Os mesmos autores relatam ainda que provavelmente a fitotoxicidade tenha sido causada pela presença do herbicida 2,4-D no milho. O mesmo acontece ao se com os herbicidas, mesotrione e atrazine, onde o milho tolera o mesotrione, pois tem capacidade de metabolizar o produto produzindo metabólitos sem gerar fitotoxicidade (MAIA et al., 2019). A atrazine é degradada em razão das plantas de milho possuírem capacidade de metabolizar, transformando o herbicida por meio de reações de hidroxilação, dealquilação, conjugação e por ação das benzoxazinonas em compostos não tóxicos (MAIA et al., 2019). Assim sendo os herbicidas mesotrione + atrazine ao serem misturados em tanque com as auxinas, podem ocasionar maiores fitotoxicidades do que o uso dos mesmos em isolado. E isso deve-se provavelmente ao efeito dos herbicidas hormonais em que o milho apresenta dificuldade em se livrar dos efeitos tóxicos quando aplicados em associado com outros produtos (MAIA et al., 2019).

Para as aplicações de 2,4-D em mistura com glyphosate, em diferentes estádios de desenvolvimento de híbridos de milho verificou-se a ocorrência de fitotoxicidade que variou de 19 até 35%, com redução da produtividade de grãos em até 12% (SOLTANI et al., 2018). Os mesmos autores sugerem que o aumento da injúria observada no milho, quando o glyphosate é associado ao 2,4-D, pode ser atribuído aos adjuvantes presentes na formulação do glyphosate. Esses adjuvantes potencializam a absorção do 2,4-D, resultando em uma fitotoxicidade mais

acentuada nas plantas de milho (SOLTANI et al., 2018). Percebe-se a importância de se considerar a compatibilidade e os efeitos sinérgicos dos herbicidas, ao se planejar estratégias de manejo de plantas daninhas em cultivos de milho, especialmente durante os estádios vegetativos sensíveis.

A aplicação isolada de amônio-glufosinate e mesotrione + atrazine demonstraram os menores sintomas de fitotoxicidade ao híbrido de milho FS 400 PW, sendo iguais ou somente superiores as testemunhas, em todas as avaliações que foram efetuadas (Tabela 3). Por ter sido introduzido no híbrido de milho avaliado o gene Pat de *Streptomyces viridochromogenes*, este produz a enzima fosfotricina acetiltransferase o que incapacita quimicamente o herbicida amônio-glufosinate em N-acetyl-L-glufusinate, assim não gerando injúria a cultura (KRENCHINSKI et al., 2019). O milho tem capacidade de metabolizar rapidamente mesotrione + atrazine, convertendo esses herbicidas em compostos não tóxicos as plantas da cultura, conforme já explicado anteriormente. Os demais tratamentos avaliados apresentam patamares intermediários, ou seja, entre aqueles que demonstram as maiores e menores fitotoxicidades ao milho.

O uso dos herbicidas 2,4-D amina, dicamba, 2,4-D colina, amônio-glufosinate +2,4-D amina, amônio-glufosinate + dicamba, amônio-glufosinate + 2,4-D colina, mesotrione+atrazine+2,4-D amina, mesotrione+atrazine+dicamba e mesotrione+atrazine+2,4-D colina demonstram incremento das fitotoxicidades com o passar do tempo, ou seja, dos 7 aos 21 DAT, com sintomas que variaram de 18,55 até 34,89% (Tabela 3). De acordo com MACIEL et al., (2018) a intensidade dos sintomas de fitotoxicidade variam conforme o tratamento aplicado, sendo mais intensos quando se mistura no tanque do pulverizador herbicidas auxínicos, o que corrobora com os resultados observados no presente estudo. A partir dos 28 DAT os sintomas de injúrias tenderem a diminuir, ocorrendo provavelmente recuperação da cultura dos efeitos tóxicos provocados pelos herbicidas. Contudo a exposição da cultura aos herbicidas auxínicos aplicados em isolado ou em mistura em tanque acarretaram nas maiores lesões ou sintomas de injúrias como encarquilhamento das folhas, enfezamento do cartucho, colmo tortuoso (pescoço de ganso), amarelecimento, redução de crescimento inibindo a divisão celular (SILVA et al., 2022),

Observou-se que o uso da mistura em tanque de amônio-glufosinate + mesotrione+ atrazine demonstrou injúrias maiores no início das avaliações, porém menores que 20%, dos 7 até 21 DAT, em comparação ao amônio-glufosinate e ao mesotrione+atrazine aplicados em isolado (Tabela 3). Com o passar do tempo, a partir dos 28 DAT, ocorreu recuperação do milho, com redução dos sintomas de fitotoxicidade provocados pela aplicação de amônio-glufosinate

e mesotrione + atrazine aplicados em isolado ou em mistura. Em virtude do híbrido de milho possuir o gen Pat, a molécula do herbicida amônio-glufosinate tende a ser rapidamente degradada mantendo a atividade da glutamina sintetase (KRENCHINSKI et al., 2019), chegando no presente estudo a ser igual a testemunha capinada aos 35 DAT com 0% de fitotoxicidade (Tabela 3). Resultados similares foram encontrados por MAIA et al., (2019) em que a fitotoxicidade na cultura foram perceptíveis dos 7 DAT até os 28 DAT, e ao ser avaliada aos 35 DAT os autores constataram recuperação do milho. De acordo com MAIA et al., (2019) o milho se recupera das injúrias provocadas pelos herbicidas por conter mecanismos de desintoxicação da atrazine e do mesotrione, o que permite à planta se recuperar progressivamente dos sintomas ao longo das avaliações ou do tempo.

Os herbicidas inibidores de auxinas aplicados de modo isolado no milho (2,4-D amina, dicamba e 2,4-D colina) demonstram elevadas fitotoxicidades em todas as avaliações, alcançando índices superiores a 18%, já aos 7 DAT chegando próximo a 35% aos 35 DAT (Tabela 3). Esses elevados índices apresentados de fitotoxicidade aos herbicidas hormonais pode estar relacionado com uma possível sensibilidade do híbrido semeado, a aplicação desses produtos. Segundo GODAR et al., (2023) ao usarem híbridos de milho com Tecnologia Enlist e não Enlist foi observado que ambos apresentaram fitotoxicidade ao se aplicar o florpírauxifen-benzil em pós-emergência, herbicida inibidor de auxinas, com redução de produtividade de grãos. Contudo o híbrido de milho não Enlist apresentou fitotoxicidade partindo de 22% a 38%, o que se assemelha em partes aos resultados encontrados no presente estudo. SOLANI et al., (2018) ao comparar diferentes híbridos de milho observaram que esses respondem de modo diferenciado ao uso de 2,4-D e glyphosate, aplicados em mistura em tanque ou de forma isolada.

Os resultados demonstram que houve um incremento médio de 24,60; 0,86 e 14,20% na fitotoxicidade do milho, ao se comparar o uso dos herbicidas auxínicos, 2,4-D amina, dicamba e 2,4-D colina aplicados em isolado com esses mesmos usados em mistura em tanque com o amônio-glufosinate, na média das avaliações efetuadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT (Tabela 3). Efetuando-se a mesma comparação anterior dos herbicidas auxínicos aplicados no milho em mistura com mesotrione + atrazine obteve-se aumento das injúrias de 12,80; 0,53 e 4,79%. Desse modo percebe-se que as misturas em tanque dos herbicidas auxínicos com amônio-glufosinate ocasiona incremento de 7,00% da fitotoxicidade em comparação com a mistura em tanque de mesotrione + atrazine. Mesmo que o modo de ação dos herbicidas seja diferente na planta, os auxínicos (mimetizam hormônio vegetal) e o amônio-glufosinate (inibe a enzima glutamina sintetase) podem acarretar efeito sinérgico aumentando a fitotoxicidade ao milho (KRENCHINSKI et al., 2019), conforme já descrito anteriormente.

O herbicida mesotrione é um inibidor da enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD), afetando a síntese de carotenóides, enquanto o atrazine inibe o Fotossistema II (FS II) das plantas, ambos interrompem processos essenciais para a fotossíntese o que leva à morte das plantas. Quando usados associados, mesotrione e atrazine têm um efeito sinérgico, sendo mais eficazes no controle de plantas daninhas do que se usados separadamente e ainda ocasionam baixas injúrias ao milho. No entanto, a combinação de herbicidas auxínicos, com amônio-glufosinate resulta em maior fitotoxicidade tornando essa associação mais prejudicial à cultura (MATTE et al., 2018).

O atrazine da classe das triazinas, inibidor do fotossistema II pode ser aplicado em pré ou pós-emergência, sendo seletivo ao milho pela degradação nas raízes e folhas pelo complexo enzimático chamado de benzoxazinona, o que resulta em uma rápida conversão em produtos não prejudiciais para as plantas (STECKEL et al., 2015; MACIEL et al., 2018), ou seja a cultura converte o herbicida em metabólitos derivados, principalmente hydroxyatrazine. Os produtos da metabolização de atrazine são rapidamente acumulados no vacúolo e perdem a mobilidade na planta não chegando ao cloroplasto (RAVETON et al., 1997; CHERIFI et al., 2001; MACIEL et al., 2018).

A fitotoxicidade ao híbrido de milho FS 400 PW foi estatisticamente igual para todos os herbicidas auxínicos aplicados em isolado, aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT, com exceção aos 28 DAT em que somente o 2,4-D colina sobressaiu-se em relação ao 2,4-D amina e ao dicamba (Tabela 3). Provavelmente o híbrido de milho avaliado neste experimento apresenta maior sensibilidade ao 2,4-D colina ocasionando assim maior fitotoxicidade ao se comparar com os demais herbicidas auxínicos (BARNES et al., 2020).

As variáveis fisiológicas, concentração interna de CO₂ (Ci), taxa de transpiração (E), condutância estomática de vapores de água (GS), taxa fotossintética (A), o uso eficiente da água (EUA) e a eficiência de carboxilação (EC) são influenciadas principalmente pela aplicação dos herbicidas, tanto quando usados de modo isolado quanto em mistura em tanque (Tabela 4). Observou-se que a aplicação de mesotrione + atrazine em isolado e amônio-glufosinate + mesotrione + atrazine usados em mistura em tanque apresentaram os melhores desempenhos para todas as variáveis fisiológicas (Ci), (E), (GS), (A), (EUA) e (EC) ao se comparar com os demais tratamentos. As respostas fisiológicas do milho, como Ci, a E e a Gs (Tabela 4), apresentaram diferenças significativas e foram melhores os resultados com a aplicação de amônio-glufosinate e 2,4-D colina, e a mistura em tanque de amônio-glufosinate + mesotrione + atrazine. Isso sugere que essas variáveis foram pouco influenciadas pelos herbicidas, mesotrione + atrazine e amônio-glufosinate + mesotrione + atrazine. Para metabolizar os

herbicidas aplicados e minimizar os danos fisiológicos, as plantas desenvolvem várias estratégias. A tolerância das plantas aos herbicidas pode ser atribuída, entre outros fatores, às interações diretas com as estruturas químicas desses produtos, o que gera diferentes respostas fisiológicas (WANG et al., 2021).

O uso de amônio-glufosinate + 2,4-D colina foi o tratamento que apresentou os piores desempenhos, para todas as variáveis fisiológicas demonstrando alta concentração de CO₂, baixa eficiência fotossintética, no uso da água e de carboxilação (Tabela 5). Os herbicidas auxínicos tendem a causar epinastia nas folhas e também estimulando a síntese de ácido abscísico (ABA), este dificulta o crescimento das plantas, fecha os estômatos, reduz a assimilação de CO₂ o que diminui por sua vez a taxa fotossintética da planta. Em condições de estresse a planta fecha os estômatos para não haver perda de água pela transpiração e assim reduzindo a condutância estomática (AGOSTINETTO et al., 2016).

Os demais tratamentos avaliados ficaram em patamares intermediários entre os que se destacaram como os melhores e os que demonstraram efeitos negativos sobre as variáveis fisiológicas do milho (Tabela 4). REZENDE et al., (2020) ao trabalharem com o híbrido de milho AG 9025 PRO3 e aplicação de herbicidas (glyphosate, atrazine+simazine, nicosulfuron, mesotrione, tembotrione, usados em isolado ou em mistura em tanque) observaram pouco efeito negativo nas variáveis fisiológicas das plantas e atribuíram o fato a baixa ou nula presença de injúrias dos produtos a cultura. A aplicação de amônio- glufosinate, isolado, obteve fitotoxicidade relativamente baixa de 8,8% aos 7 DAT e igualando- se a testemunha capinada aos 21 DAT (Tabela 3) constando a melhor concentração interna para o híbrido FS 400PW. A pior Ci foi encontrada na associação de amônio-glufosinate + mesotrione+ atrazine com fitotoxicidade de 19,48% aos 7 DAT e igualando-se a testemunha capinada aos 35 DAT (Tabela 3). Esses resultados assemelham-se em partes aos observados por REZENDE et al., (2020).

A condutância estomática é um ponto central que regula tanto a entrada de CO₂ quanto a saída de vapor d'água, influenciando diretamente a concentração interna de CO₂, a taxa transpiratória, e, conseqüentemente, a taxa fotossintética. A eficiência no uso da água é uma medida de quão bem a planta consegue balancear a fotossíntese e a transpiração. A eficiência de carboxilação determina a eficácia do uso do CO₂ disponível, impactando a taxa de fotossíntese (EL-SOBKI et al., 2021).

A aplicação de amônio-glufosinate de modo isolado demonstrou o maior comprimento de espigas, peso de mil grãos e produtividade de grãos do milho (Tabela 5). Mesmo que a aplicação de amônio-glufosinate tenha ocasionado certa fitotoxicidade essa foi evidenciada logo nos primeiros dias de avaliação, sendo o milho capaz de se recuperar e manter um bom

desempenho nos componentes de rendimento de grãos, especialmente em relação a produtividade. No entanto torna-se importante considerar o tipo de híbrido e a tecnologia transgênica utilizada pelos produtos. Pois a expressão do gene PAT, que confere tolerância ao amônio-glufosinate, pode variar conforme os híbridos de milho que se comportam de modo diferenciado de acordo com a empresa obtentora da tecnologia ou mesmo em relação ao uso do 2,4-D que cada material demonstra distinta tolerância. Os híbridos que apresentam maior expressão do gene PAT tendem a demonstrar maior tolerância ao amônio-glufosinate (KRENCHINSKI et al., 2019; GALON et al., 2020; SOSSMEIER & RIZZARDI, 2023)

O uso de 2,4-D amina em isolado e de mesotrione + atrazine + dicamba misturados ao tanque do pulverizador demonstraram os piores desempenhos para os componentes de rendimento de grãos do milho (comprimento de espigas, peso de mil grãos e produtividade de grãos) ao se comparar com os demais tratamentos (Tabela 5). GALON et al., (2021) ao usarem o 2,4-D amina de modo isolado relataram que esse herbicida apresentou maior fitotoxicidade a cultura, causando epinastia foliar e caulinar ocasionando efeito negativo aos componentes de rendimento do milho. SILVA et al., (2022) não encontraram efeitos nos componentes de rendimento de grãos ao aplicarem o dicamba em isolado, sendo esse seletivo ao híbrido FS 500 PW, diferentemente ao observado no presente estudo em que ocorreu influências negativas da aplicação desse herbicida em isolado ou em mistura em tanque com mesotrione + atrazine no híbrido FS 400 PW. Esse fato pode ter ocorrido em virtude da interação de vários fatores, híbridos de milho que apresentam distinta tolerância ao herbicida, efeito de condições climáticas e de solos, além do manejo adotado com a cultura, o que ocasiona diferenças entre os estudos. De acordo com BERUSKI et al., (2020) os componentes de rendimento do milho podem ser afetados por diversos fatores, entre eles, condições do clima, do solo, manejo e tratos culturais praticados, a genética do híbrido, herbicida, formulação, dose e estágio de aplicação dos produtos.

Os herbicidas que imitam as auxinas promovem a produção de etileno, levando à epinastia nas folhas. Além disso, eles estimulam a síntese do ácido abscísico, o qual, por sua vez, inibe o crescimento das plantas ao fechar os estômatos, o que restringe a absorção de dióxido de carbono e, conseqüentemente, reduz a produção de biomassa. Esse efeito cascata afeta a fotossíntese, essencial para a produção de energia na planta, e pode levar a uma diminuição significativa no rendimento de grãos. A redução na biomassa impacta diretamente a saúde e o vigor das plantas, comprometendo seu desenvolvimento e o potencial produtivo (AGOSTINETTO et al., 2016).

A produtividade de grãos da testemunha capinada foi 32,3; 29,0 e 35,6% maior ao se comparar essa com as médias das aplicações de 2,4-D amina, dicamba e 2,4-D colina usados em isolado ou desses mesmos herbicidas auxínicos aplicados em mistura em tanque com o amônio-glufosinate e mesotrione+atrazine, respectivamente (Tabela 5). Esse fato provavelmente está associado a elevada fitotoxicidade (Tabela 3) que os herbicidas auxínicos aplicados tanto em isolado como associados com o amônio-glufosinate e mesotrione + atrazine ocasionaram ao milho. As associações de herbicidas com auxinas apresentaram elevada fitotoxicidade ao milho, resultando em baixa produtividade, este resultado evidencia que certas misturas de herbicidas podem aumentar os efeitos fitotóxicos, causando danos consideráveis as plantas e comprometendo a produtividade. BASSO et al. (2018) salientam cuidados ao se efetuar misturas de herbicidas para evitar interações e impactos negativos no rendimento de grãos da cultura.

Ao se comparar os dois melhores tratamentos, testemunha capinada e amônio-glufosinate contra a ausência de controle (testemunha infestada) observou-se incremento médio na produtividade de grãos do milho de 2,58 e 2,27 t ha⁻¹ ou 86,72 e 76,40%, respectivamente (Tabela 5). A testemunha capinada apresentou 24,25% maior produtividade de grãos em relação a médias de todos os tratamentos que levaram herbicidas, exceto ao amônio-glufosinate que se igualou estatisticamente a mesma. Mesmo que aplicação dos herbicidas mesotrione+atrazine, 2,4-D amina, dicamba, 2,4-D colina, amônio-glufosinate +mesotrione+atrazine, amônio-glufosinate+2,4-D amina, amônio-glufosinate+dicamba, amônio-glufosinate+2,4-D colina, mesotrione+atrazine+2,4-D amina, mesotrione+atrazine+dicamba e mesotrione+atrazine+2,4-D colina tenham ocasionado menor produtividade de grãos em relação a testemunha capinada e do amônio-glufosinate aplicado em isolado, na média todos esses herbicidas demonstram incremento de 41,42% na produtividade de grãos do milho ou 1,23 t ha⁻¹ ao se comparar com a testemunha infestada. Desse modo percebe-se a necessidade de se controlar as plantas daninhas presentes em lavouras de milho e ao mesmo tempo a escolha de um herbicida que seja seletivo para esse fim. Pois caso contrário as perdas de produtividade serão elevadas em virtude da competição que ocorre com as plantas daninhas por água, luz e nutrientes ou pela elevada injúria que um determinado herbicida pode ocasionar ao milho, especialmente quando o produtor faz mistura no tanque do pulverizador.

CONCLUSÃO

A aplicação de amônio-glufosinate + 2,4-D amina, amônio-glufosinate + 2,4-D colina e mesotrione + atrazine + 2,4-D colina em mistura em tanque apresentam maior fitotoxicidade ao híbrido de milho FS 400 PW.

O uso de forma isolada de amônio-glufosinate e mesotrione + atrazine demonstraram as menores fitotoxicidade ao híbrido de milho FS 400 PW.

A aplicação de herbicidas auxínicos (2,4-D amina, dicamba e 2,4-D colina) associados com amônio-glufosinate e com mesotrione+atrazine aumentam os índices de fitotoxicidade ao híbrido de milho FS 400 PW.

O uso dos herbicidas de modo isolado ocasiona menor fitotoxicidade ao milho híbrido FS 400 PW do que os produtos aplicados misturados ao tanque do pulverizador.

O amônio-glufosinate + mesotrione + atrazine apresentou o melhor desempenho para as variáveis fisiológicas, concentração interna de CO₂ (C_i), taxa de transpiração (E), condutância estomática de vapores de água (G_S), taxa fotossintética (A), o uso eficiente da água (EUA) e a eficiência de carboxilação (EC) ao se comparar com os demais tratamentos.

A aplicação em isolado de amônio-glufosinate demonstrou melhor desempenho nos componentes de rendimento de grãos do milho (comprimento de espigas, peso de mil grãos e produtividade de grãos), igualando-se estatisticamente a testemunha capinada.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S. et al. **Novo caso de resistência de planta daninha ao glifosato no Brasil: picão-preto (*Bidens subalternans*)**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 6 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 107).
- AGOSTINETTO, D. et al. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, v. 34, p. 1-9, 2016.
- BASSO, F. J. M. et al. Manejo de plantas daninhas em milho RR[®] com herbicidas aplicados isoladamente ou associados ao glyphosate. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, p. 148-157, 2018.
- BARNES, E. R. et al. Dose response of yellow and white popcorn hybrids to glyphosate, a premix of 2, 4-D choline and glyphosate, or dicamba. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 4, p. 2956-2967, 2020
- BERUSKI, G. C. et al. Maize yield components as affected by plant population, planting date and soil coverings in Brazil. **Agriculture**, v. 10, n. 12, p. 579, 2020.
- BRUNHARO, C.A.C.G.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 163-177, 2014.
- BRUNHARO, C. et al. Western United States and Canada perspective: are herbicide-resistant crops the solution to herbicide-resistant weeds? **Weed Science**, v.70, n.3, p.272-286, 2022.
- CHERIFI, M. et al. Atrazine metabolism in corn seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 39, n. 7/8, p. 664-672, 2001.
- CHU, S. A. D. et al. Critical period of weed control in an interseeded system of corn and alfalfa. **Weed Science**, v.70, n.6, p.680-686, 2022.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 20/05/2024.
- DREESEN, R. et al. Characterization and safety evaluation of HPPD W336, a modified 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase protein, and the impact of its expression on plant metabolism in herbicide-tolerant MST-FGØ72-2 soybean. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**. v. 97, p. 170-185, 2018.
- EL-SOBKI, A. E. et al. Fluctuation in amino acids content in *Triticum aestivum* L. cultivars as an indicator on the impact of post-emergence herbicides in controlling weeds. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 11, p. 6332-6338, 2021.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 20/05/2024.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2011.
- GALON, L. et al. Interaction between pesticides applied alone or in mixtures in corn. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 56, n. 11, p. 986-993, 2021.
- GALON, L. et al. Selectivity of saflufenacil applied alone or mixed to glyphosate in maize. **Journal of Agricultural Studies**. v. 8, n. 3, p. 775-787, 2020.
- GODAR, A. S. et al. Enlist™ corn tolerance to preemergence and postemergence applications of synthetic auxin and ACCase-inhibiting herbicides. **Weed Technology**, v. 2, p. 147-155, 2023.
- HEAP, I. The international survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/Home.aspx>>. Acesso em: 20/05/2024.
- HECK, T. et al. A importância dos herbicidas residuais no controle da tiririca. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65147-65163, 2020.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados climatológicos**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em 20/05/2024.
- KHAN, I.A. et al. Effect of different herbicides, plant extracts and mulches on yield and yield components of maize. **Planta Daninha**, v38, e020197478, 2020.
- KRENCHINSKI, F. H. et al. Glufosinato de amônio associado a herbicidas pós-emergência em milho com os genes cp4-epsps e PAT. **Planta Daninha**, v37, e019184453, 2019.
- KUMAR, N. H. et al. Evaluation of herbicide alachlor for weed dynamics, growth and yield of maize NAC-6002 (*Zea mays* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnolog**. v. 33, p. 102004, 2021.
- MACIEL, C. D. G. et al. Seletividade de misturas de herbicidas e inseticidas em tanque aplicadas em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 287-302, 2018.
- MAIA, T. M. et al. Associações herbicidas aplicadas na cultura do milho pipoca em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 350-363, 2019.
- MATTE, W. D. et al. Eficácia de [atrazine+mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 587-1-15, 2018.
- MUELLER, T.C. et al. Effect of 2,4-D formulation on volatility under field conditions. **Weed Technology**, v. 4, n.4, p. 462-467, 2022.
- OFOSSU, R. et al. Herbicide Resistance: managing weeds in a changing world. **Agronomy**, v.13, p.1-16, 2023.
- PEEL, M. C. et al. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**. v. 11, p. 1633-1644, 2007.

RAVETON, M. et al. Kinetics of uptake and metabolism of atrazine in model plant systems. **Pesticide Science**, v. 49, n. 2, p. 157-163, 1997.

REZENDE, A. L. et al. Associação de herbicidas para o manejo de plantas daninhas em milho. **Revista Brasileira de Herbicida**. v. 19, n. 4, p. 1-8, 2020.

SALOMÃO, P. E. A. et al. Herbicidas no Brasil: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, e32921990, 2020.

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

SILVA, J. O. et al. Sensibilidade de plantas de milho aos herbicidas dicamba e triclopyr. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e141111436255, 2022.

SILVA, M. R. et al. Weed management in glyphosate-resistant maize. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 87, e0862019, p.1-9, 2020.

SOLTANI, N. et al. Tank mixture of glyphosate with 2, 4-D accentuates 2, 4-D injury in glyphosate-resistant corn. **Canadian journal of plant science**, v. 98, n. 4, p. 889-896, 2018.

SOSSMEIER, S. G.; RIZZARDI, M.A. Selectivity of corn hybrids with pat gene to the ammonium-glufosinate herbicide. **Weed Control Journal**, v.22, e202300762, 2023.

STECKEL, L. E.; STEWART, S. D.; STECKEL, S. Corn response to post-applied HPPD-inhibitor based premix herbicides with in-furrow and foliar-applied insecticide. **Weed Technology**, v. 29, n. 1, p. 18-23, 2015.

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

VELINI, E. D. et al. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. p.43. 1995.

WANG, F. et al. Creating a novel herbicide-tolerance OsALS allele using CRISPR/Cas9-mediated gene editing. **The Crop Journal**, v. 9, n. 2, p. 305-312, 2021.

ZANDVAKILI, O. R. et al. Role of cover crops and nicosulfuron dosage on weed control and productivity in corn crop. **Weed Science**, v.68, n.6, p. 664–672, 2020.

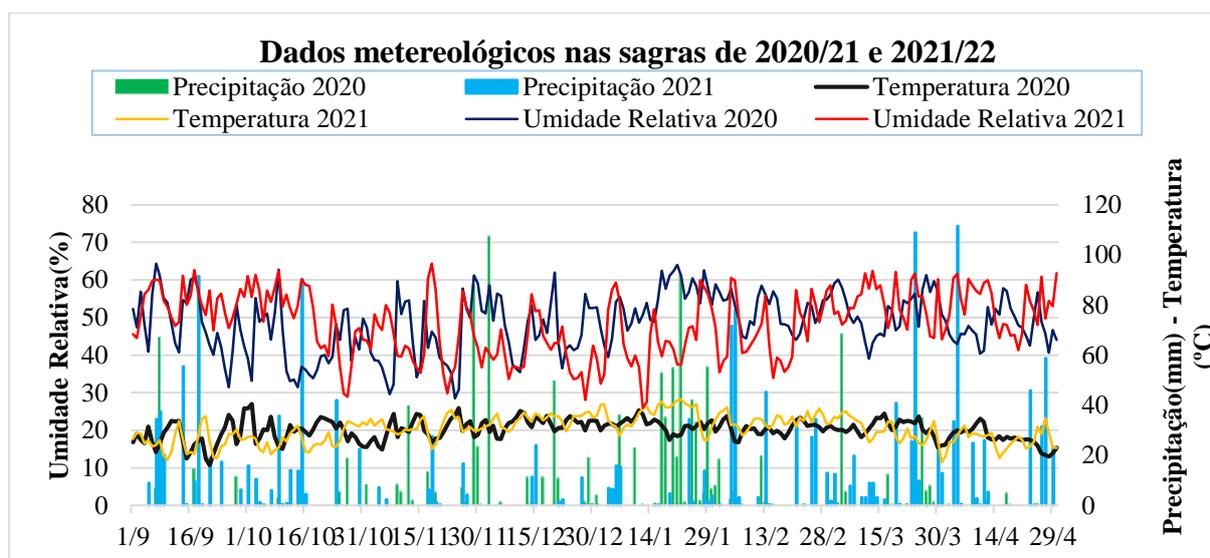


Figura 1. Precipitação (mm), umidade relativa (%) e temperatura (°C) nos anos agrícolas em que foi conduzido os experimentos, 2020/21 e 2021/22. Fonte (INMET, 2023).

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos experimentos, respectivas doses de ingrediente ativo, dose produto comercial, adjuvante e modalidade de aplicação. UFFS/Erechim/RS.

Tratamentos	Dose i.a (g ha ⁻¹)	Dose P.C. (L/kg ha ⁻¹)	Adjuvantes	Dose (% v/v/L)
Testemunha capinada	----	----	----	----
Testemunha infestada	----	----	----	----
Amônio-glufosinate	400	2,00	Assist	0,50%
Mesotrione+atrazine	120+1200	2,40	Assist	0,50%
2,4-D amina	1209	1,50	Assist	0,50%
Dicamba	720	1,50	Assist	0,50%
2,4-D colina	2005,86	3,00	----	----
Amônio-glufosinate +mesotrione+atrazine	400+120+1200	2,00+2,40	Assist	0,50%
Amônio-glufosinate +2,4-D amina	400+1209	2,00+1,50	Assist	0,50%
Amônio-glufosinate +dicamba	400+720	2,00+1,50	Assist	0,50%
Amônio-glufosinate +2,4-D colina	400+2005,86	2,00+3,00	Assist	0,50%
Mesotrione+atrazine+2,4-D amina	120+1200+1209	2,40+1,50	Assist	0,50%
Mesotrione+atrazine+dicamba	120+1200+720	2,40+1,50	Assist	0,50%
Mesotrione+atrazine+2,4-D colina	120+1200+2005,86	2,40+3,00	Assist	0,50%

Tabela 2. Condições ambientais e datas de aplicação dos tratamentos. UFFS/Erechim/RS.

Condições ambientais	Safras agrícolas	
	Experimento I - 2020/21	Experimento II - 2021/22
Data de aplicação	09/12/2020	12/10/2021
Céu	20% nublado	30% nublado
Vento (km h ⁻¹)	4,0 a 7,0 km h ⁻¹	4,0
Solo	Seco	Úmido
Temperatura do ar (°C)	33,5	60
Temperatura do solo (°C)	30,0	18
Umidade relativa do ar (%)	33,0	22

Tabela 3. Fitotoxicidade (%) ao híbrido de milho FS400 PW em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência. UFFS, Erechim/RS.

Tratamentos	Fitotoxicidade de herbicidas em milho (%)				
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	0,00 d ²	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 b
Testemunha infestada	0,00 d	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 b
Amônio-glufosinate	8,80 c	5,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00 b
Mesotrione+atrazine	11,96 c	9,11 c	6,33 b	3,94 c	3,28 b
2,4-D amina	18,55 b	23,00 b	30,37 a	30,00 b	22,50 a
Dicamba	18,92 b	22,50 b	30,47 a	27,77 b	20,80 a
2,4-D colina	22,61 b	25,02 b	34,89 a	32,50 a	24,58 a
Amônio-glufosinate +mesotrione+atrazine	19,48 b	14,94 c	9,85 b	5,00 c	0,00 b
Amônio-glufosinate +2,4-D amina	27,61 a	29,55 a	35,25 a	34,91 a	27,68 a
Amônio-glufosinate +dicamba	19,87 b	25,27 b	29,91 a	27,41 b	19,04 a
Amônio-glufosinate +2,4-D colina	30,01 a	35,58 a	35,28 a	35,00 a	23,49 a
Mesotrione+atrazine+2,4-D amina	23,78 b	26,00 b	33,05 a	32,59 a	24,93 a
Mesotrione+atrazine+dicamba	22,59 b	25,37 b	30,09 a	27,41 b	15,64 a
Mesotrione+atrazine+2,4-D colina	28,50 a	22,89 a	34,98 a	34,98 a	24,93 a
Média Geral	18,05	19,51	22,17	20,81	14,78
C.V. (%)	36,18	37,12	28,98	34,32	49,50

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

Tabela 4. Efeito de herbicidas nas características fisiológicas, concentração interna de CO₂ (*C_i*, μmol mol⁻¹), taxa transpiratória (*E*, mol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (*GS*, mol m⁻² s⁻¹), taxa fotossintética (*A*, μmol m⁻² s⁻¹), eficiência no uso da água (EUA - mol mol⁻¹), eficiência de carboxilação (*EC* - mol CO₂ m⁻² s⁻¹) do híbrido de milho FS400 PW. UFFS, Erechim/RS.

Tratamentos	Variáveis fisiológicas					
	<i>C_i</i>	<i>E</i>	<i>GS</i>	<i>A</i>	EUA	<i>EC</i>
Testemunha capinada	191,83 g ¹	3,42 b	0,30 a	29,02 b	8,45 b	0,25 a
Testemunha infestada	210,88 f	3,70 a	0,35 a	29,35 b	8,12 b	0,15 b
Amônio-glufosinate	304,40 a	3,28 b	0,33 a	27,00 c	9,17 a	0,08 c
Mesotrione+atrazine	231,23 e	3,15 c	0,31 a	33,23 a	10,73 a	0,17 b
2,4-D amina	233,07 e	3,21 b	0,24 b	25,18 c	8,16 b	0,11 c
Dicamba	256,40 d	2,61 d	0,25 b	20,50 d	7,16 b	0,08 c
2,4-D colina	173,02 h	3,03 c	0,26 b	29,08 b	8,19 b	0,15 b
Amônio-glufosinate +mesotrione+atrazine	142,01 i	3,82 a	0,26 b	35,81 a	9,86 a	0,31 a
Amônio-glufosinate +2,4-D amina	265,38 c	2,72 d	0,23 b	27,33 c	10,63 a	0,12 b
Amônio-glufosinate +dicamba	274,54 b	3,00 c	0,26 b	26,91 c	8,55 b	0,12 b
Amônio-glufosinate +2,4-D colina	273,81 b	3,80 a	0,31 a	22,91 d	4,44 c	0,06 c
Mesotrione+atrazine+2,4-D amina	234,16 e	2,76 d	0,27 b	30,78 b	9,64 a	0,10 c
Mesotrione+atrazine+dicamba	274,69 b	3,28 b	0,27 b	28,08 c	7,27 b	0,09 c
Mesotrione+atrazine+2,4-D colina	226,76 e	2,77 d	0,21 b	22,41 d	9,12 a	0,09 c
Média Geral	235,16	3,18	0,28	27,47	8,51	0,13
C.V. (%)	2,61	11,48	28,92	18,16	22,34	48,53

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

Tabela 5. Efeito da aplicação de herbicidas em isolado ou associados no comprimento de espiga (cm), peso de mil grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) do híbrido de milho FS 400 PW. UFFS, Erechim/RS.

Tratamento	Componentes de rendimento de grãos		
	Comprimento	Peso mil grãos	Produtividade
Testemunha capinada	12,20 h ¹	310,49 a	5539,74 a
Testemunha infestada	14,51 d	275,46 b	2966,85 e
Amônio-glufosinate	16,50 a	314,45 a	5233,64 a
Mesotrione+atrazine	13,85 e	310,30 a	4673,34 b
2,4-D amina	11,35 i	297,31 b	3603,37 d
Dicamba	13,59 f	304,59 a	4599,66 b
2,4-D colina	14,39 d	313,20 a	4283,43 c
Amônio-glufosinate +mesotrione+atrazine	15,33 c	296,36 b	4009,51 c
Amônio-glufosinate +2,4-D amina	15,51 c	297,43 b	4160,88 c
Amônio-glufosinate +dicamba	16,71 a	316,70 a	4721,94 b
Amônio-glufosinate + 2,4-D colina	15,49 c	304,11 a	3858,07 c
Mesotrione+atrazine+2,4-D amina	13,29 g	310,76 a	4760,46 b
Mesotrione+atrazine+dicamba	16,26 b	290,58 b	3500,42 d
Mesotrione+atrazine+2,4-D colina	11,37 i	298,41 b	3991,90 c
Média Geral	14,31	302,90	4278,80
C.V. (%)	1,47	6,19	18,03

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