

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA- MESTRADO

ANDERSON HENRIQUE BRIEGA

SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DO HERBICIDA TERBUTILAZINA NO CONTROLE
DE PLANTAS DANINHAS APLICADO EM PRÉ-EMERGÊNCIA E PÓS-EMERGÊNCIA
NA CULTURA DO MILHO

PONTA GROSSA

2023

ANDERSON HENRIQUE BRIEGA

SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DO HERBICIDA TERBUTILAZINA NO CONTROLE
DE PLANTAS DANINHAS APLICADO EM PRÉ-EMERGÊNCIA E PÓS-EMERGÊNCIA
NA CULTURA DO MILHO

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia ao Programa de Pós-
Graduação em Agronomia na Universidade Estadual
de Ponta Grossa, Área de Manejo fitossanitário.

Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa

PONTA GROSSA

2023

B853 Briega, Anderson Henrique
Seletividade e eficiência do herbicida terbutilazina no controle de plantas daninhas aplicado em pré-emergência e pós-emergência na cultura do milho / Anderson Henrique Briega. Ponta Grossa, 2023.
53 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Fitotecnia e Fitossanidade), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa.

1. Zea mays. 2. Plantas daninhas. 3. Triazinas. I. Costa, Neumárcio Vilanova da. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Fitotecnia e Fitossanidade. III.T.

CDD: 633



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

ANDERSON HENRIQUE BRIEGA

EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA TERBUTILAZINA APLICADO EM PRÉ-
EMERGÊNCIA E PÓS-EMERGÊNCIA NO MILHO.

Dissertação
apresentada
para obtenção
do título de

mestre em
Agronomia na
Universidade
Estadual de

Ponta Grossa,
Área de
Fitotecnia e
Fitossanidade.

Ponta Grossa, 21 de dezembro de 2023.

Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa
Doutor em Agronomia
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Giliardi Dalazen
Doutor em Fitotecnia
Universidade Estadual de Ponta Grossa.



Documento assinado eletronicamente por **Neumárcio Vilanova da Costa, Usuário Externo**, em 21/02/2024, às 15:29, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Giliardi Dalazen, Professor(a)**, em 21/02/2024, às 18:42, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Donizeti Aparecido Fornarolli, Usuário Externo**, em 19/07/2024, às 16:09, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **1765572** e o código CRC **840A8314**.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por caminhar sempre ao meu lado, por renovar minhas forças, adubando os meus sonhos, dos quais a cada safra, tenho esperado colheitas fartas.

À minha querida e amada esposa Lorayne Yasmin Reche Farias Briega, pelo amor, paciência, apoio, compreensão e incentivo principalmente nas horas mais difíceis.

À minha linda e amorosa filha Bella Reche Briega, que é minha inspiração diária para viver, me fazendo ser uma pessoa melhor a cada dia que passa.

À minha mãe Maria Cristina Broietti Briega, pelas orações ao amanhecer de cada dia, do cuidado e incentivo com minha educação, que motivaram a continuidade dos meus estudos.

Ao meu pai Sergio Roberto Briega, meu melhor e grande amigo, que me fez criar um grande amor pela Agricultura, me direcionando e estimulando para o caminho da Agronomia.

À minha irmã Daniele Briega, pelo companheirismo e amizade eterna.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa – pelos ensinamentos, estrutura física e pela amizade com os professores e colegas.

À 3M Experimentação Agrícola (Unidade Ponta Grossa/PR e Unidade Tibagi/PR) pela disponibilidade de recursos financeiros, estrutura e área experimental para realização dos experimentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa pela grande oportunidade concedida ao trabalhar com plantas daninhas, por compartilhar de todo seu conhecimento me auxiliando na condução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Donizeti Aparecido Fornarolli e Prof. Dr. Giliardi Dalazen, pelas contribuições e amizade.

E por fim, agradeço aos meus familiares, amigos e aos colegas pelo apoio e companheirismo, a todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado e a todos aqueles, que de alguma forma, estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

BRIEGA, A. H. **Seletividade e eficiência do herbicida terbutilazina no controle de plantas daninhas aplicado em pré-emergência e pós-emergência na cultura do milho.** 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa – PR, 2023.

A terbutilazina tem uma persistência mais longa no solo compara a atrazina, dessa forma acredita-se que a terbutilazina apresente maior controle de plantas daninhas do que atrazina na cultura do milho. Com isso, objetivou-se avaliar a eficiência e a seletividade da terbutilazina aplicado em pré-emergência e pós-emergência na cultura do milho. Quatro experimentos foram realizados em condições de campo. Os experimentos corresponderam a modalidade de aplicação dos herbicidas em pré e pós-emergência das plantas daninhas e do milho, sendo dois experimentos (pré e pós) conduzidos no município de Ponta Grossa e dois experimentos (pré e pós) conduzidos em Tibagi, no estado do Paraná, Brasil. O Delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos em cada experimento corresponderam a: Testemunha não capinada, testemunha capinada, terbutilazina (500 g ha⁻¹), terbutilazina (1000 g ha⁻¹), terbutilazina (1500 g ha⁻¹), terbutilazina (2000 g ha⁻¹) e atrazina (2000 g ha⁻¹). Na modalidade de aplicação em pré-emergência, no município de Ponta Grossa, o tratamento terbutilazina (2000 g ha⁻¹) obteve o controle de todas as plantas daninhas avaliadas superior a 80% até os 28 dias após a aplicação. Enquanto a atrazina no mesmo período obteve o controle inferior a esta porcentagem para a *Chenopodium album* e *Brachiaria plantagina*. Na mesma modalidade de aplicação em Tibagi, a terbutilazina (1500 g ha⁻¹ e 2000 g ha⁻¹) também obteve o controle superior a 80% nas plantas daninhas avaliadas, enquanto a atrazina obteve o controle inferior a 80% para *Eleusine indica*. Na modalidade de aplicação em pós-emergência, no município de Ponta Grossa, a terbutilazina (2000 g ha⁻¹) foi eficaz para todas as plantas daninhas avaliadas, sendo superior ao tratamento com atrazina. Enquanto na cidade de Tibagi, a atrazina obteve controle inferior a 80% para as plantas daninhas avaliadas e a terbutilazina controlou de forma eficiente a espécie *Galinsoga parviflora*. Além disso, o controle das plantas daninhas dos 35 aos 56 dias após a aplicação foram maiores com a aplicação da terbutilazina (dose de 2000 g ha⁻¹), do que para a atrazina em todos os experimentos, indicando maior atividade residual do herbicida no solo. Consequentemente, maiores ganhos de produtividade foram observadas para os tratamentos com maior nível de controle de plantas daninhas e para a testemunha capinada. Contudo, a terbutilazina foi superior a atrazina no controle das plantas daninhas independente da modalidade de aplicação e da localização.

Palavras-chave: *Zea mays*, plantas daninhas, triazinas

ABSTRACT

BRIEGA, A. H. **Selectivity and efficiency of the herbicide terbuthylazine in controlling weeds applied pre-emergence and post-emergence in corn crops.** 2023. Dissertation (Master in Agronomy) - Ponta Grossa State University, Ponta Grossa - PR, 2023.

Terbuthylazine has a longer persistence in the soil compared to atrazine, therefore it is believed that terbuthylazine has greater weed control than atrazine in corn crops. With this, the objective was to evaluate the efficiency and selectivity of terbuthylazine applied pre-emergence and post-emergence in corn crops. Four experiments were carried out under field conditions. The experiments corresponded to the mode of application of herbicides in pre and post-emergence of weeds and corn, with two experiments (pre and post) conducted in the municipality of Ponta Grossa and two experiments (pre and post) conducted in Tibagi, in the state of Paraná, Brazil. The experimental design used was randomized blocks, with four replications. The treatments in each experiment corresponded to: Control not weeded, control weeded, terbuthylazine (500 g ha⁻¹), terbuthylazine (1000 g ha⁻¹), terbuthylazine (1500 g ha⁻¹), terbuthylazine (2000 g ha⁻¹) and atrazine (2000 g ha⁻¹). In the pre-emergence application modality, in the municipality of Ponta Grossa, the terbuthylazine treatment (2000 g ha⁻¹) achieved control of all weeds evaluated by more than 80% up to 28 days after application. While atrazine in the same period achieved control below this percentage for *Chenopodium album* and *Brachiaria plantagina*. In the same application modality in Tibagi, terbuthylazine (1500 g ha⁻¹ and 2000 g ha⁻¹) also achieved control greater than 80% on the evaluated weeds, while atrazine achieved control below 80% for *Eleusine indica*. In the post-emergence application modality, in the municipality of Ponta Grossa, terbuthylazine (2000 g ha⁻¹) was effective for all weeds evaluated, being superior to treatment with atrazine. While in the city of Tibagi, atrazine achieved control of less than 80% of the weeds evaluated and terbuthylazine efficiently controlled the *Galinsoga parviflora* species. Furthermore, weed control from 35 to 56 days after application was greater with the application of terbuthylazine (dose of 2000 g ha⁻¹) than with atrazine in all experiments, indicating greater residual activity of the herbicide in the ground. Consequently, greater productivity gains were observed for treatments with a higher level of weed control and for the weeded control. However, terbuthylazine was superior to atrazine in controlling weeds regardless of application modality and location.

Keywords: *Zea mays*, weeds, triazines

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	HIPÓTESES	11
3	OBJETIVO	12
3.1	OBJETIVO GERAL	12
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1	A CULTURA DO MILHO	13
4.2	PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO	15
4.3	CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS	16
4.3.1	Atrazina e Terbutilazina	18
5	MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1	ÁREAS DOS EXPERIMENTOS:	23
5.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS:	23
5.3	AValiação:	25
5.3.1	Eficácia	25
5.3.2	Seletividade da cultura:	26
5.3.3	Massa seca das Plantas Daninhas:	27
5.3.4	Produtividade:	27
5.3.5	Análise Estatística:	27
6	RESULTADOS	28
6.1	EXPERIMENTO 1 - PRÉ-EMERGÊNCIA (PONTA GROSSA/PR)	28
6.2	EXPERIMENTO 2 – PRÉ-EMERGÊNCIA (TIBAGI/PR)	32
6.3	EXPERIMENTO 3 – PÓS-EMERGÊNCIA (PONTA GROSSA/PR)	35
6.4	EXPERIMENTO 4 – PÓS-EMERGÊNCIA (TIBAGI/PR)	39
7	DISCUSSÃO	43

8 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no Brasil, cultivado em todas as regiões do País, e sua alta demanda deve-se ao fato do grão ser utilizado na alimentação humana e animal, sendo que, os derivados do cereal estão aumentando e suprimindo a fome da população mundial (Ribeiro, 2014). Pertence à família Gramineae/Poaceae, e como resultado de seleção natural e domesticação tornou-se uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, fascinantemente “construída” para a produção de grãos (Magalhães et al., 2002).

No entanto, a ocorrência de plantas daninhas na cultura do milho pode limitar o crescimento e desenvolvimento da planta e, consequentemente a redução da produção (Balbinot et al., 2016; Lamego et al., 2015). Em casos que não tenha sido feito nenhum controle, as perdas de rendimento da cultura podem variar de 33 a 91% (Pannacci; Onofri, 2016), dependendo das condições climáticas e do sistema de produção (Karam; Melhorança, 2007).

Os herbicidas são o meio mais eficiente e econômico de manejo de plantas daninhas (Matzrafi et al., 2021). No entanto, com o advento da tecnologia do milho resistente ao glifosato (milho RR), intensificou-se o uso deste herbicida para o controle de plantas daninhas na cultura do milho (Loureiro et al., 2019). Com isso, plantas daninhas tolerantes ou resistentes foram sendo selecionadas ao longo dos anos devido a aplicação contínua deste herbicida (Johnson et al., 2009; Bonny, 2016). No Brasil, 12 casos de resistência de plantas daninhas ao glifosato já foram registrados até o momento, como *Amaranthus palmeri*, *A. hybridus*, *Conyza bonariensis*, *C. canadensis*, *C. sumatrensis*, *Chloris elata*, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica* e *Lolium multiflorum*, *Echinochloa crus-galli*, *Euphorbia heterophylla* e *Bidens subalternans* (Heap, 2023). Para reduzir este problema, enfatiza-se a importância do manejo integrado de plantas daninhas, que inclui a rotação de culturas e a rotação entre grupos de herbicidas com base nos modos de ação (Loureiro et al., 2019; Oliveira et al., 2020).

Neste contexto, a atrazina é uma alternativa indicada em pré ou em pós-emergência das plantas daninhas, visando ao controle da soja voluntária RR e plantas daninhas de folha larga tolerantes ao glifosato (Dan et al., 2009). No entanto, quando aplicado em pós-emergência na cultura do milho, a eficiência deste herbicida é reduzida, principalmente quando as plantas daninhas se encontram em estágios mais avançados (Matte et al., 2018). Dessa forma são necessários aumentos significativos nas doses para proporcionar controle efetivo.

O sistema aplique-plante ou plante-aplique, com a utilização de herbicidas pré-emergentes, com efeito residual prolongado, tem sido um dos fatores associados à elevada eficácia no controle de plantas daninhas, durante o período crítico de competição (Monquero et al., 2008). Neste contexto, a terbutilazina tem mostrado bons resultados no controle das plantas daninhas durante a pré-emergência do milho (Andr et al., 2014; Nedeljković et al., 2021). A terbutilazina é um herbicida inibidor da fotossíntese semelhante a atrazina (Currie; Geier, 2020). No entanto, a terbutilazina tem uma persistência mais longa no solo comparada a atrazina (Stipičević et al., 2015). Com isso, acredita-se que a terbutilazina controle as plantas daninhas por um período maior do que a atrazina.

Um dos desafios para a utilização dos herbicidas está associado a seletividade deles, afim de que não comprometam o desenvolvimento da cultura (Petter et al., 2011). No entanto, muitos herbicidas podem ser tóxicos em doses elevadas, mesmo quando aplicados em culturas tolerantes, como atrazina para o milho (Gwatidzo et al., 2023). Outro fator importante é a época de aplicação do herbicida em relação à fase da cultura, como exemplo, a pendimetalina é seletiva para as culturas de milho, algodão e soja, quando aplicada como PRÉ e não como PÓS (Gwatidzo et al., 2023). Além disso, condições ambientais, a posição e o momento da aplicação, morfologia, absorção, translocação, e metabolismo são outros fatores importantes na determinação da seletividade do herbicida (Costa et al., 2021; Gwatidzo et al., 2023; Petter et al., 2011).

2 HIPÓTESES

Em geral, formulou-se a hipótese de que, o ativo terbutilazina irá fornecer um maior controle das plantas daninhas em pré-emergência e pós-emergência, quando comparado com o ativo atrazina, na cultura do milho.

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a seletividade e eficácia de diferentes doses do herbicida terbutilazina, em aplicações nas modalidades de pré-emergência e pós-emergência das plantas daninhas e da cultura do milho.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar se o ativo TERBUTILAZINA apresenta maior controle e maior efeito residual quando comparado com o ativo ATRAZINA, ambos aplicados nas modalidades de pré-emergência e pós-emergência das plantas daninhas;

Avaliar qual dose de TERBUTILAZINA aplicada na modalidade de pré-emergência, proporciona maior controle nas plantas daninhas avaliadas;

Avaliar qual dose de TERBUTILAZINA aplicada na modalidade de pós-emergência, proporciona maior controle nas plantas daninhas avaliadas;

Avaliar qual é o espectro de controle da TERBUTILAZINA quando aplicado nas modalidades de pré-emergência e pós-emergência das plantas daninhas;

Avaliar a seletividade das doses de TERBUTILAZINA quando aplicadas nas modalidades de pré-emergência e pós-emergência na cultura do milho.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) figura entre os três cereais mais cultivados globalmente e faz parte de uma cadeia caracterizada pela elevada eficiência e amplo uso de seus produtos derivados, na qual o Brasil se destaca como o terceiro maior produtor e o maior exportador mundial (USDA, 2023).

Pertencendo à família Poaceae, a variedade cultivada de milho é uma espécie altamente produtiva, classificada como planta C4, alógama, com notável atividade fotossintética e elevado potencial produtivo de carboidratos por unidade de área por dia. Originado das Américas, mais precisamente do México, evidências arqueológicas apontam que o processo de domesticação do milho teve início a partir de um antecessor pertencente ao subgrupo do teosinto (*Zea mays* ssp. *Parviglumis*), há pelo menos nove mil anos (Vallebueno-Estrada et al., 2016; García-Lara; Serna-Saldivar, 2019; Miranda, 2020).

O milho apresenta sistema radicular fasciculado podendo atingir 3 m de profundidade, no entanto, a maioria das raízes encontra-se na camada de 0-30 cm de profundidade no solo. O caule é do tipo colmo cheio, constituído por nós e entrenós e, as folhas lanceoladas-paralelinérveas são inseridas no caule alternadamente. Apresenta ainda, inflorescências masculina e feminina, pendão, espiga, sendo o fruto classificado como cariopse (García-Lara; Serna-Saldivar, 2019).

No território brasileiro, a produção de milho apresentou crescimento sistemático no final da década de 1930, ultrapassando 30 milhões de toneladas. Contudo, a partir de 1970, a cultura entrou em um período de declínio e estagnação que perdurou por quase duas décadas, principalmente devido à ascensão da cultura da soja, que passou a ocupar áreas anteriormente destinadas exclusivamente ao milho na região Sul, previamente considerada o celeiro da produção de grãos do país (Miranda, 2020).

A concorrência com a soja pelo cultivo durante o verão, ou na primeira safra, levou ao aumento da importância do milho no plantio em segunda safra, a partir do final dos anos 1980, geralmente após a soja, sendo então chamado de "milho safrinha". Nesse contexto, ao longo das últimas três décadas, a produção do milho em segunda safra aumentou consideravelmente, a ponto de substituir completamente o milho de verão (Contini et al., 2019; Miranda, 2020).

Como mencionado, o milho é um dos cereais mais importantes em termos de produção, principalmente devido ao desenvolvimento de genótipos altamente produtivos e adaptáveis a diversas regiões de cultivo. A relevância econômica e social desse produto, juntamente com seu valor mundial agregado, não se deve apenas à sua utilização na alimentação humana, predominantemente cultivada pela agricultura de subsistência, mas também na alimentação animal e como matéria-prima na fabricação de ampla gama de produtos industriais de alta tecnologia e biocombustíveis (FAO, 2018). Destacando-se como uma cultura essencial para o agronegócio brasileiro, o milho é cultivado em todas as regiões do país e, nas últimas décadas, tem passado por mudanças significativas, reduzindo sua participação como cultura de subsistência, cultivada por pequenos produtores, e aumentando consideravelmente seu papel na agricultura comercial eficiente, com deslocamento geográfico e temporal da produção (Contini et al., 2019).

A produção global de milho é aproximadamente 1,2 bilhão de toneladas, com os Estados Unidos e a China liderando como os maiores produtores, responsáveis por cerca de 380 e 270 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2023). O Brasil se posiciona como o terceiro maior produtor, registrando na safra 2022/23 uma produção nacional de cerca de 131 milhões de toneladas, distribuídas em aproximadamente 22,2 milhões de hectares, representando cerca de 10% da produção mundial de milho. A região Centro-Sul do país concentra aproximadamente 80% da produção nacional, com o Mato Grosso destacando-se como o maior estado produtor, com 51,2 milhões de toneladas e uma área de cultivo de cerca de 7,4 milhões de hectares. Em seguida, os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul ocupam a segunda e terceira posições, com produções de 18,5 e 13,1 milhões de toneladas, respectivamente (Conab, 2023).

Como uma das principais culturas em extensão de área e volume de produção no Brasil, o milho atende à demanda do mercado interno e desempenha papel significativo na geração de divisas por meio da exportação. Economicamente, a importância da cultura para o país é evidenciada tanto na circulação do grão no mercado interno, com consumo aproximado de 70 milhões de toneladas, quanto no cenário internacional, com aproximadamente 56 milhões de toneladas exportadas, posicionando o país como maior exportador mundial de milho (Conab, 2023; USDA, 2023).

É evidente que o milho é considerado alicerce estratégico da agricultura brasileira, integrando diversos sistemas de cultivo, como a sucessão após a cultura da soja, a incorporação em sistemas integrados de produção lavoura-pecuária com o cultivo consorciado com gramíneas forrageiras, ou ainda fazendo parte do esquema de rotação de culturas no sistema

plantio direto. Nesse sentido, várias cadeias ligadas à agricultura e pecuária dependem do milho em suas diferentes formas de exploração (Contini et al., 2019).

Contudo, apesar da contribuição expressiva nos diversos setores da economia, a cultura do milho enfrenta desafios que representam sérias ameaças à quantidade e qualidade da produção. Devido a algumas características edafoclimáticas brasileiras, a cultura é frequentemente afetada por combinações de estresses bióticos e abióticos, resultando em perdas produtivas significativas (Contini et al., 2019). Dentre estes estresses, a interferência de plantas daninhas representa grande ameaça à produtividade do milho, visto que, sem qualquer forma de controle, estas podem causar perdas de rendimento maiores que pragas e patógenos combinados (Landau et al., 2021).

4.2 PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO

A problemática das plantas daninhas apresenta-se como uma preocupação significativa na produção mundial de milho, com estimativas indicando perdas de rendimento em torno de 37%. Este impacto adverso decorre da competição dessas plantas indesejadas por recursos essenciais, como luz, água, nutrientes e CO₂, resultando na redução da produtividade. Além de comprometerem a qualidade do cultivo, tais invasoras interferem no processo de colheita, aumentando substancialmente os custos associados ao cultivo do milho. Essa dinâmica complexa exige abordagens eficazes para o manejo integrado a fim de otimizar a produtividade e a sustentabilidade nessa cultura (Costa et al., 2019).

A composição da comunidade de plantas invasoras no agroecossistema é influenciada por características como as propriedades do solo, clima, período de cultivo e pelas práticas agronômicas incluindo o manejo do solo, adoção de rotação de culturas e uso de herbicidas. Dentro dessa comunidade de plantas invasoras, nem todas as espécies contribuem da mesma maneira para a interferência no desenvolvimento e na produtividade da cultura. Geralmente, há espécies dominantes que causam a maior parte dos danos, enquanto outras são consideradas secundárias, ocorrendo em menor densidade e cobertura. Além disso, existem as espécies acompanhantes, cuja presença é ocasional e, conseqüentemente, não acarretam problemas econômicos para as culturas (Kuva et al., 2021).

Neste contexto, procura-se ressaltar a importância da identificação das espécies invasoras presentes na lavoura, uma vez que o reconhecimento inadequado destas pode determinar o limiar entre lucro e prejuízo. Embora o ciclo de vida de uma planta invasora, incluindo seu(s) método(s) de reprodução, seja uma das características mais importantes para a

identificação, ocasionalmente é essencial conhecer a espécie exata antes de escolher as estratégias de controle (Gonçalves Netto et al., 2021).

Na região dos Campos Gerais, a qual compreende as cidades de Ponta Grossa e Tibagi – PR, o espectro de espécies infestantes, que ocorrem nas lavouras, abrange tanto plantas monocotiledôneas como dicotiledôneas. Dentre estas, destacam-se *Vernonanthura polyanthes*, *Eleusine indica*, *Senecio brasiliensis*, *Pteridium arachnoideum*, *Brachiaria plantaginea*, dentre outras (Kranz, 2022).

O manejo inadequado de plantas invasoras é um dos principais elementos associados à baixa produtividade na lavoura de milho, resultando em perdas que podem atingir até 80%, dependendo da variedade invasora. A notável agressividade dessas plantas daninhas é evidenciada pela sua capacidade de prosperar mesmo em condições adversas para o cultivo do milho (Costa et al., 2019).

Essas plantas invasoras demandam cada vez mais ajustes e flexibilidade na formulação de soluções para manejar o problema. Durante uma fase da "Revolução Verde", foram introduzidos os herbicidas, importante ferramenta no controle químico das plantas daninhas com papel positivo dentro das práticas fitossanitárias. Neste contexto, apesar de eficientes, o uso excessivo dessa alternativa revelou-se problemático com relatos crescentes de plantas daninhas resistentes aos herbicidas (Agostinetto; Vargas, 2014; Christoffoleti et al., 2016; Albrecht et al., 2018; Queiroz et al., 2019; Albrecht et al., 2020).

4.3 CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS

O controle químico é realizado por meio dos herbicidas os quais podem ser compostos de origem natural ou biológica, como aqueles derivados de aleloquímicos, ou sintéticos, geralmente orgânicos. Sua ação consiste na inibição, em níveis metabólicos e fisiológicos, da germinação, do crescimento da plântula ou do desenvolvimento do vegetal adulto (Albrecht et al., 2021).

Com a expressiva origem dos herbicidas a partir da "revolução verde", iniciada em 1941 com a descoberta do 2,4-D, houve grande avanço no manejo de plantas daninhas, possibilitando o aumento da produtividade e a maximização do sistema produtivo. Até meados do século XX, grande parte da agricultura global estava estagnada em métodos medievais de cultivo, com baixa eficiência e produtividade insignificante em comparação com os padrões atuais. A introdução de diversas tecnologias, incluindo os herbicidas, não apenas proporcionou

maior eficiência aos sistemas de produção, mas também conferiu praticidade e segurança ao agricultor, contribuindo para a segurança alimentar por meio do aumento na produção global.

Para classificação dos herbicidas, é útil categorizá-los com base em seu mecanismo de ação nas plantas e sua estrutura química fundamental. Inicialmente, é imprescindível esclarecer a diferença entre mecanismo de ação e modo de ação. O mecanismo de ação refere-se ao ponto inicial no metabolismo das plantas onde o herbicida exerce sua influência. Nesse contexto, o mecanismo de ação geralmente representa o primeiro passo em uma série de eventos metabólicos que culminam na expressão final do herbicida na planta. A totalidade desses eventos metabólicos, que engloba os sintomas visíveis da ação do herbicida na planta, é designada como modo de ação (Oliveira Junior et al., 2021).

Ademais, a categorização dos herbicidas de acordo com seu mecanismo de ação tem passado por alterações ao longo do tempo, influenciadas tanto pela descoberta de novos herbicidas quanto pela compreensão aprofundada dos locais onde atuam nas plantas. Atualmente, a classificação aceita internacionalmente é estabelecida pelo Herbicide Resistance Action Committee (HRAC). Nessa abordagem, os herbicidas são organizados em ordem alfabética com base em seus sítios de ação e classes químicas. Os diferentes ingredientes ativos de herbicidas possuem ampla flexibilidade, podendo ser aplicados em pré-plantio-incorporado (PPI), pré-emergência (PRE) ou pós-emergência (POS) (Oliveira Junior et al., 2021).

Como mencionado, os estudos visando o controle químico de plantas daninhas tiveram início entre 1897 e 1900, uma vez que o uso em escala comercial de herbicidas iniciou-se em 1942 com a descoberta do 2,4-D (Silva et al., 2014).

Atualmente, apesar da disponibilidade de diversas estratégias de controle dentro do sistema integrado, o manejo de plantas daninhas depende quase exclusivamente de herbicidas, devido à sua eficácia e custo relativamente baixo em comparação com outras tecnologias de controle, tornando este o método mais utilizado na agricultura (Osterholt et al., 2019).

Dentre os benefícios, a utilização de herbicidas pode prevenir a infestação das ervas daninhas principalmente no começo do seu ciclo, período no qual geralmente as plantas daninhas causam os maiores prejuízos nas culturas. Ação rápida e eficaz no combate a várias espécies, controle de plantas invasoras na linha da cultura, a possibilidade de aplicação em diversos estágios do desenvolvimento da cultura, além da disponibilidade de produtos seletivos para as plantas cultivadas (Albrecht et al., 2021).

Para realizar o manejo químico de forma eficaz, é imprescindível a identificação das espécies invasoras predominantes e seu estágio de desenvolvimento na área alvo. Em casos de espécies anuais com múltiplos períodos de emergência, pode ser necessário o uso de herbicidas

com atividade residual suficiente para assegurar um desenvolvimento inicial sem interferências para a cultura. Além disso, fatores como o registro do herbicida para a cultura, disponibilidade no mercado local, equipamento adequado, flexibilidade na época de aplicação e adequação ao sistema de plantio (direto/convencional) devem ser considerados na escolha do tratamento a ser adotado (Oliveira Junior, 2011).

A atrazina é caracterizada como um herbicida sistêmico seletivo para o milho com ação residual, atua inibindo a fotossíntese por meio do bloqueio do fluxo de elétrons no fotossistema II. Recomenda-se sua aplicação tanto em pré como em pós-emergência de plantas daninhas, especialmente para o controle de espécies de folhas largas (Oliveira Junior et al., 2021).

De forma semelhante, a terbutilazina também é um herbicida sistêmico seletivo para o milho, atua inibindo a fotossíntese através do bloqueio do fluxo de elétrons no fotossistema II. É indicado para aplicação em pré ou pós-emergência de plantas daninhas, visando o controle de folhas largas e estreitas (Oliveira Junior et al., 2021).

Dentre as vantagens, a terbutilazina apresenta eficácia no controle de diversas espécies de plantas invasoras, alta atividade residual, boa tolerância às culturas, eficiência significativa e compatibilidade com outros ingredientes ativos (Schulte et al., 2012). Para otimizar a eficiência no controle de plantas daninhas e minimizar os custos de aplicação, a prática de utilizar combinações de herbicidas pré e pós-emergentes, assim como misturas de herbicidas, tornou-se comum em muitos países, uma vez que pode representar ferramenta essencial na prevenção de problemas relacionados à resistência a herbicidas (Pannacci; Onofri, 2016).

A terbutilazina, utilizada como substituto da atrazina, proibida nos países da União Europeia, possui de amplo espectro, age como um potente inibidor da fotossíntese e, de acordo com as características do solo, apresenta persistência no solo bastante elevada, podendo permanecer até 17 meses após os tratamentos realizados (Stipičević et al., 2015; Lovaković et al., 2017).

4.3.1 Atrazina e Terbutilazina

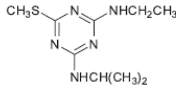
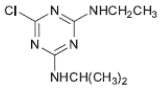
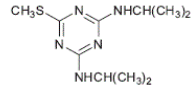
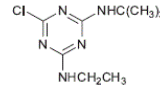
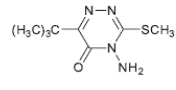
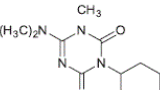
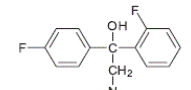
Os herbicidas da família s-triazinas são mundialmente utilizados na agricultura, e esta classe foi desenvolvida em 1950 para o controle de plantas infestantes de diversas culturas como milho, sorgo, cana-de-açúcar, bem como para propósitos não agrícolas, como a esterilização de solos e em manutenção de estradas. Esta família atua ao nível do fotossistema II através da interação direta com a proteína cloroplástica D1, no local de ligação da plastoquinona B,

inibindo a transferência de elétrons e assim, a fotossíntese, desencadeando clorose (amarelecimento das folhas) e consequente necrose dos tecidos das plantas sensíveis. Fazem parte desta família os herbicidas, atrazina, terbutilazina, simazina, propazina, entre outros. (Gonçalves, 2013).

Os herbicidas s-triazinas são caracterizados por apresentarem um anel aromático constituído por três átomos de carbono e três de nitrogênio em posições alternadas, dividindo-se em três grupos: clorotriazinas, metiltiotriazinas e metoxitriazinas. Esses herbicidas são classificados como classe III na classificação toxicológica (Gonçalves, 2013). Ademais, as triazinas apresentam baixos ou moderados coeficientes de sorção de solo, solubilidade moderada em água e baixa volatilidade, tornando-as vulneráveis à lixiviação. Fatores que podem levar à diminuição da eficácia no controle de ervas daninhas e aumentar a suscetibilidade de contaminação de águas subterrâneas (Xiao; Pignatello, 2015; Bottcher et al., 2022).

A atrazina é um dos principais herbicidas utilizados em todo o mundo e, empregado como alternativa ou complemento ao glifosato. Na sua molécula (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-striazina) o grupo substituinte é um Cloro, o que leva à inclusão deste herbicida no grupo das clorotriazinas. Ao compará-lo com a terbutilazina, em termos de lixiviação, a atrazina apresenta potencial de lixiviação ligeiramente superior. Devido a este e outros aspectos como a contaminação generalizada das águas subterrâneas e superficiais, bem como à atividade desreguladora endócrina associada (Sassine et al., 2017), a atrazina foi proibida em países como Itália e Alemanha em 1991, e no restante dos países da União Europeia em 2004, desta forma, a terbutilazina ganhou destaque na maioria dos países europeus, incluindo Espanha, Itália e Portugal (Fingler et al., 2017). Contudo, em países como EUA, Canadá e Austrália, seu uso vem crescendo (Gonçalves, 2013).

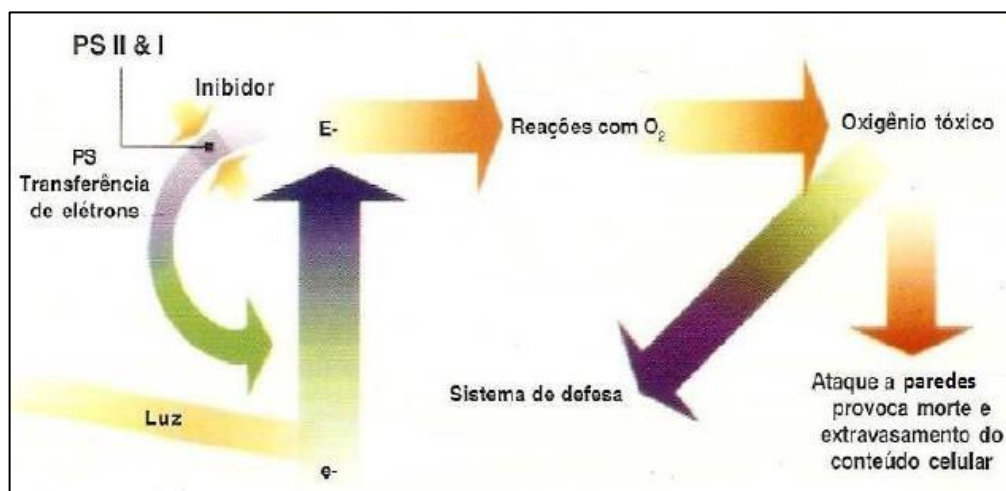
Figura 1: Fórmulas estruturais, classe, grupo químico, coeficiente de partição octanol/água (log Kow) solubilidade em água (SA) em mg.L⁻¹ a 20 °C e cologaritmo da constante de acidez (pKa) do agroquímicos da classe das triazinas, triazinonas e triazol. Fonte: (Duarte et al., 2016).

AME	ATZ	PRO	TER
 Classe: Triazina Grupo químico: Herbicida log Kow: 2,63 SA: 200 pKa = 10,0	 Classe: Triazina Grupo químico: Herbicida log Kow: 2,70 SA: 35 pKa = 1,7	 Classe: Triazina Grupo químico: Herbicida log Kow: 3,34 SA: 33 pKa = 2,3	 Classe: Triazina Grupo químico: Herbicida log Kow: 3,40 SA: 6,6 pKa = 2,2
MET	HEX	FLU	
 Classe: Triazinona Grupo químico: Herbicida log Kow: 1,65 SA: 1165 pKa = 1,0	 Classe: Triazinona Grupo químico: Herbicida log Kow: 1,17 SA: 33000 pKa = 4,1	 Classe: Triazol Grupo químico: Fungicida log Kow: 2,30 SA: 95 pKa = 1,9	

Pertencente ao grupo clorotriazinas (N2-terbutila-6-cloro-N4-etila-1,3,5- triazina-2,4-diamina) e à família das s-triazinas, a terbutilazina é um herbicida não seletivo desenvolvido pela empresa CIBA-GEIGY e introduzido no mercado em 1980, na Malásia, com o nome de Gardporin. Recentemente a terbutilazina é utilizada como ingrediente ativo de diversos produtos agrícolas como Gardo Gold, Calaris, Primextra Gold TZ entre outros (Gonçalves, 2013).

A terbutilazina é um herbicida de amplo espectro utilizado tanto no tratamento pré quanto no pós-emergente em diversas culturas agrícolas. Sua utilização na agricultura aumentou significativamente desde 2007, especialmente após a proibição da atrazina na União Europeia. Comparativamente à atrazina, a terbutilazina possui menor solubilidade em água, é mais hidrofóbica e demonstra maior resistência à biodegradação no solo. Conforme indicado por vários estudos, tal herbicida apresenta taxa de dissipação no solo significativamente mais lenta em comparação com a atrazina, apresentando fatores que contribuem para uma maior persistência ambiental. Neste contexto, o termo dissipação refere-se à soma de todos os resultados possíveis do herbicida original, incluindo volatilidade, absorção pela planta, lixiviação, escoamento e degradação química ou microbiana (Fenoll et al., 2012; Xiao; Pignatello, 2015; Pannacci; Onofri, 2016). A Figura 2 mostra o mecanismo de ação do herbicida terbutilazina.

Figura 2: Mecanismo de ação do herbicida. Fonte: (Moura et al., 2008).



Ademais, tratando-se de misturas, como mencionado, a combinação das triazinas com glifosato apresenta-se interessante, é amplamente utilizada no Brasil e resulta em amplo espectro, ação pós-emergência e efeito residual, principalmente para folhas largas (Piasecki et al., 2020; Silva et al., 2020). A aplicação primária das triazinas é no solo, onde são absorvidas pelas raízes e translocadas via apoplasto, resultando em efeito residual na emergência de plantas suscetíveis (Trebst, 2008).

Tabela 1 - Características do herbicida terbutilazina (TBA). Fonte: (Gonçalves, 2013).

Características	Terbutilazina
Estrutura molecular	
Fórmula	C ₉ H ₁₆ ClN ₅
Massa molar	229.712 g mol ⁻¹
Solubilidade	5,0 mg L ⁻¹ à 20 °C 9,0 mg L ⁻¹ à 25°C, pH 7,4

Apesar da eficiência da atrazina, estudos indicam eficácia ligeiramente superior no controle de algumas espécies de plantas daninhas a partir da aplicação da terbutilazina, em mistura ou não. No caso da combinação com glifosato, bons níveis de controle foram observados principalmente durante a pré-emergência do milho (Andr et al., 2014; Currie; Geier, 2019; Bottcher et al., 2022).

Neste contexto, é de extrema importância a realização de estudos sobre os efeitos da terbutilazina nas culturas de milho como possível substituto da atrazina. No Brasil, trabalhos com terbutilazina ainda são escassos, uma vez que o registro de tal herbicida foi concedido em outubro de 2020. Contudo, a partir da literatura disponível, acredita-se que este herbicida seja eficaz no controle de ervas daninhas na cultura do milho em comparação ao uso da atrazina (Bottcher et al., 2022).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREAS DOS EXPERIMENTOS:

Os experimentos foram conduzidos em duas áreas experimentais da empresa 3M Experimentação Agrícola. Primeira área experimental: Estação Experimental 3M - Sede, no município de Ponta Grossa – PR (25°10'00.64"S, 50°11'21.90"W e altitude de 795 m). Segunda área experimental: Estação Experimental 3M - Filial, no município de Tibagi – PR (24°42'36.15"S, 50°32'55.65"W e altitude de 773 m). O clima das duas regiões é classificado como Subtropical Úmido Mesotérmico, tipo Cfb conforme classificação de Koppen (Peel et al., 2007). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico em Ponta Grossa - PR e Nitossolo Háptico Distrófico em Tibagi - PR, com relevo suave e boa drenagem em ambas as localidades. Análises químicas do solo realizadas na camada de 0–20 cm das duas áreas experimentais, antes da instalação do experimento estão demonstradas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Resultados da análise química do solo da amostra 0-20 cm da área utilizada para a condução do experimento. Estação Experimental 3M – Sede, Ponta Grossa, PR, 2021

Profundidade	pH H ₂ O	M.O	P	Al ³⁺	H + Al	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V%
0-20 (cm)		g/dm ³	mg/dm ³				mmolc/cm ³				
	6,43	38,46	45,10	0,78	28,98	8,80	60,70	24,90	94,40	123,38	76,51

Tabela 3 - Resultados da análise química do solo da amostra 0-20 cm da área utilizada para a condução do experimento. Estação Experimental 3M – Filial, Tibagi, PR, 2021

Profundidade	pH H ₂ O	M.O	P	Al ³⁺	H + Al	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V%
0-20 (cm)		g/dm ³	mg/dm ³				mmolc/cm ³				
	5,98	49,03	140,10	0,82	40,17	9,70	67,20	31,80	108,70	148,87	73,02

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS:

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com sete tratamentos e 4 repetições, e cada parcela apresentou uma área total de 15,0 m² (3,0 m x 5,0 m). Os tratamentos contidos em cada experimento estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição dos tratamentos utilizados para avaliar o controle de plantas daninhas, na cultura do milho. Estação Experimental 3M – Sede, Ponta Grossa, PR e Estação Experimental 3M – Filial, Tibagi, PR, 2021

	Tratamentos	i.a	Conc. / Form.	Dose i.a (g/ha)	Dose p.c (L ou kg/ha)
1	Testemunha absoluta	-	-	-	-
2	Testemunha Capinada	-	-	-	-
3	Sonda	Terbutilazina	(500) SC	500	1,0
4	Sonda	Terbutilazina	(500) SC	1000	2,0
5	Sonda	Terbutilazina	(500) SC	1500	3,0
6	Sonda	Terbutilazina	(500) SC	2000	4,0
7	PROOF	Atrazina	(500) SC	2000	4,0

Em cada localidade (Ponta Grossa/PR e Tibagi/PR) foram conduzidos dois experimentos, totalizando assim 4 experimentos (Tabela 5). O primeiro experimento realizou-se a aplicação dos tratamentos descritos acima, na pré-emergência das plantas daninhas e da cultura do milho; e no segundo experimento se pulverizou os mesmos tratamentos, porém, na pós-emergência das plantas daninhas (2 – 4 folhas) e da cultura do milho (V2 e V3). Para todos os experimentos utilizou-se o mesmo híbrido de milho. Todas as aplicações de herbicidas foram realizadas com pulverizador costal de pressão constante, à base de CO₂, equipado com pontas tipo leque XR-110.02, pressão de 2,0 kgf.cm², com o equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda.

Tabela 5 – Modalidade de aplicação, Município/Estado, híbrido, Data de Semeadura, Data de Emergência, Data de Aplicação detalhados de cada experimento. Estação Experimental 3M – Sede, Ponta Grossa, PR e Estação Experimental 3M – Filial, Tibagi, 2021-2022

Modalidade de Aplação	Município/Estado	Híbrido	Data de Semeadura	Data de Emergência	Data de Aplicação
Pré-emergência das plantas daninhas e da cultura do milho	Ponta Grossa/PR	FEROZ VIP3	09/09/2021	15/09/2021	09/09/2021
Pós-emergência das plantas daninhas (2 – 4 folhas) e da cultura do milho (V2 e V3)	Ponta Grossa/PR	FEROZ VIP3	09/09/2021	15/09/2021	23/09/2021
Pré-emergência das plantas daninhas e da cultura do milho	Tibagi/PR	FEROZ VIP3	21/02/2022	28/02/2022	21/02/2022
Pós-emergência das plantas daninhas (2 – 4 folhas) e da cultura do milho (V2 e V3)	Tibagi/PR	FEROZ VIP3	21/02/2022	28/02/2022	07/03/2022

5.3 AVALIAÇÃO:

5.3.1 Eficácia

A infestação natural de plantas daninhas das áreas experimentais era formada pelas espécies de gramíneas, capim-papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.) e capim-pé-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn), e pelas espécies de dicotiledôneas ançarinha-branca (*Chenopodium album* L.), nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) e picão-branco (*Galinsoga parviflora* Cav.).

As avaliações de controle foram realizadas por espécie de planta daninha aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 56 DAA (dias após a aplicação), para os ensaios aplicados na modalidade de pré-emergência das plantas daninhas e da cultura; e para os ensaios aplicados na pós-emergência das plantas daninhas e da cultura, foram realizadas uma avaliação prévia e aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 56 DAA (dias após a aplicação). Os níveis de eficácia foram mensurados através da avaliação visual do percentual de controle das plantas daninhas nas parcelas, de acordo com a escala da SBPCPD (1995) (Tabela 6).

Tabela 6 – Níveis de controle de plantas daninhas utilizados para avaliação do experimento. Estação Experimental 3M – Sede, Ponta Grossa, PR e Estação Experimental 3M – Filial, Tibagi, 2021-2022

Porcentagem de controle	Observação
(A) 90-100	Excelente ou total.
(B) 80-89	Bom, aceitável para infestação da área.
(C) 70-79	Moderado, insuficiente para infestação da área.
(D) 50-69	Deficiente ou inexpressivo.
(E) 0-50	Ausência de controle .

Adaptado de SBPCPD (1995).

A contagem prévia das espécies emergidas nos ensaios aplicados na pós-emergência das plantas daninhas e da cultura, foi realizada em duas amostragens com um arco de 0,25 m² (quadro de 0,50 x 0,50 m) na área útil das parcelas. As espécies de plantas daninhas presentes na avaliação prévia, apresentavam estágio fenológico entre 3-6 folhas verdadeiras. A população média de cada espécie de planta daninha está descrita na Tabela 7.

Tabela 7 – População média de plantas daninhas, presente na avaliação prévia realizada nos ensaios de pós-emergência das plantas daninhas e da cultura. Estação Experimental 3M – Sede, Ponta Grossa, PR e Estação Experimental 3M – Filial, Tibagi, 2021-2022

Município/Estado	Espécie	Prévia - População média (0,25 m ²)
Ponta Grossa/PR	<i>Chenopodium album</i>	9,0
	<i>Brachiaria plantaginea</i>	9,4
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	11,4
Tibagi/PR	<i>Eleusine indica</i>	5,2
	<i>Galinsoga parviflora</i>	7,5

5.3.2 Seletividade da cultura:

Após aplicação, realizou-se avaliação de seletividade aos 7, 14, 21 e 28 DAA (dias após a aplicação), que os tratamentos poderiam causar à cultura do milho. Para tanto, adotou-se escala percentual de injúria com limites entre zero e 100%, em que zero representou a ausência de sintomas, ou seja, plantas plenamente saudáveis e 100% representou plantas mortas SBCPD (1995).

Tabela 8 – Escala de notas utilizada para a avaliação visual de seletividade. Estação Experimental 3M – Sede, Ponta Grossa, PR e Estação Experimental 3M – Filial, Tibagi, 2021-2022

Conceito	Nota	Observação
Muito leve	0-5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na cultura.
Leve	6-10	Sintomas nítidos, de baixa intensidade.
Moderada	11-20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior.
Aceitável	21-35	Sintomas pronunciados, porém totalmente tolerados pela cultura.
Preocupante	36-45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação, e sem expectativas de redução no rendimento econômico.
Alta	46-60	Danos irreversíveis, com previsão de redução no rendimento econômico.
Muito alta	61-100	Danos irreversíveis muito severos, com previsão de redução drástica no rendimento econômico.

Adaptado de SBCPD (1995).

5.3.3 Massa seca das Plantas Daninhas:

Em ambos os experimentos, a biomassa da comunidade de plantas daninhas (kg ha^{-1}) foi determinada aos 90 DAA por meio da coleta de todas as plantas encontradas dentro de um quadrante metálico ($50 \times 50 \text{ cm}$), que foi lançado no centro de cada parcela. As espécies colhidas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 72h e posteriormente pesadas em balança de precisão (0,001 g).

5.3.4 Produtividade:

A produtividade foi obtida através da colheita das espigas na parcela útil, onde essas espigas foram debulhadas e os grãos serão pesados, e posteriormente foi avaliado o teor de água nos grãos por meio de medidor de umidade de grãos portátil G600, sendo os dados corrigidos para 13% de teor de água e produtividade. A colheita foi realizada colhendo-se $5,0 \text{ m}^2$ por parcela, transformando os valores em kg ha^{-1} .

5.3.5 Análise Estatística:

Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram realizados previamente para avaliar normalidade e homocedasticidade, respectivamente. A análise de variância (ANOVA) bidirecional ($p < 0,05$) foi realizada para analisar os efeitos dos tratamentos e as épocas de avaliação, e sua interação no controle das plantas daninhas, quando significativos as médias foram comparados pelo teste de Tukey. ANOVA unidirecional ($p < 0,05$) foi realizada com os dados das doses de terbutilazina e quando significativos, foram utilizados modelos de regressão quadrática para avaliar as relações entre doses e o controle das plantas daninhas na avaliação de 28 DAA. ANOVA unidirecional também foi realizada com os dados dos tratamentos para avaliar a produtividade e quando significativos a diferença entre os tratamentos foram comparados por Tukey. Todas as comparações foram feitas com nível de significância de 5% e as análises foram realizadas no software SISVAR (Ferreira, 2011).

6 RESULTADOS

Os tratamentos com herbicidas não causaram nenhuma fitotoxidade nas plantas de milho, independente da modalidade de aplicação e da localização.

6.1 EXPERIMENTO 1 - PRÉ-EMERGÊNCIA (PONTA GROSSA/PR)

Houve interação significativa entre os tratamentos e as épocas de avaliação para o controle das plantas daninhas em pré-emergência (Tabela 9). A aplicação da terbutilazina (1000 g ha⁻¹) há diferiu da atrazina (2000 g ha⁻¹) no controle de *C. album* em todas as épocas de avaliação. Além disso, verificou-se que a terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹ mantiveram controle acima de 93% não diferindo da testemunha capinada até os 21 DAA, e após essa época apesar da efetividade ter sido reduzida comparado aos primeiros dias de avaliação, o controle foi maior que o herbicida atrazina até os 56 DAA, mostrando maior efeito residual.

Tabela 9. Porcentagens de controle de *Chenopodium album* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pré-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	95,00 aA	90,75 bA	81,50 cB	70,00 cC	60,75 cD	51,25 dE	38,75 dF
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	96,50 aA	84,50 cB	75,25 cC	62,75 cD	56,50 dE	39,50 dF
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	93,75 bA	84,50 bB	73,25 bC	65,00 cD	52,00 cE
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	96,75 abA	86,25 bB	78,75 bC	70,75 bD	58,25 bE
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	96,75 aA	94,50 abA	83,75 cB	75,00 cC	63,75 cD	55,00 dE	41,50 dF
CV (%)	3,50						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra minúscula e na linha pela letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, Coeficiente de variação.

Os tratamentos não diferiram entre si aos 7 e 14 DAA para o controle de *B. plantagina* (Tabela 10). Aos 21 DAA, o herbicida atrazina foi significativamente igual ao herbicida terbutilazina a partir da dose de 1000 g ha⁻¹, no controle de *B. plantagina*. Entre os 28 DAA e 56 DAA as maiores porcentagens de controle foram obtidas por terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹ quando comparado as doses menores e a atrazina.

Tabela 10. Porcentagens de controle de *Brachiaria plantagina* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pré-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	94,50 aA	78,25 dB	64,50 cC	52,00 cD	33,25 cE	14,50 cF
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,0 aA	80,00 cdB	67,50 cC	56,25 cD	37,50 cE	17,50 cF
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	88,25 bB	78,75 bC	67,00 bD	51,25 bE	35,00 bF
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	92,00 bB	82,00 bC	70,00 bD	53,75 bE	33,75 bF
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	98,50 aA	85,75 bcB	70,75 cC	55,75 cD	36,25 cE	19,50 cF
CV (%)	4,45						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, Coeficiente de variação.

De forma semelhante ao controle de *B. plantagina*, aos 7 e 14 DAA, os tratamentos não diferiram entre si quanto ao controle de *R. raphanistrum* (Tabela 11). O controle de *R. raphanistrum* foi superior a 98% aos 21 DAA com a terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹, não diferindo entre si, da testemunha capinada e da atrazina. Entretanto, a partir dos 28 DAA, os tratamentos com terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ foram mais eficientes no controle da planta daninha comparados as menores doses e ao herbicida atrazina.

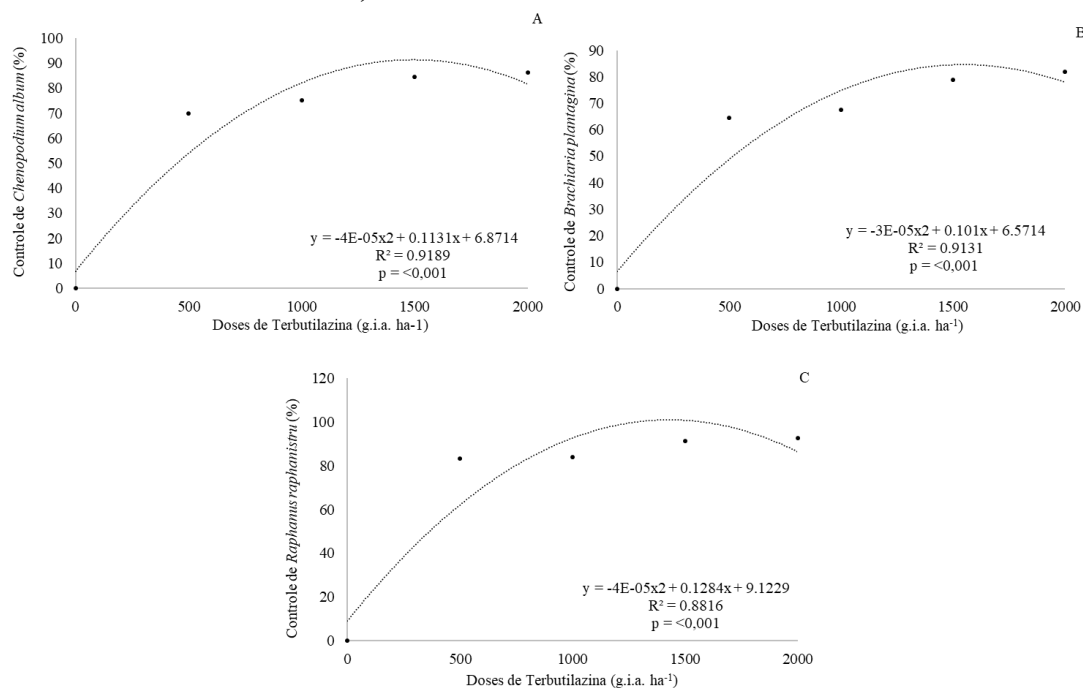
Tabela 11. Porcentagens de controle de *Raphanus raphanistrum* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pré-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	90,00 cB	83,25 cC	71,25 dD	60,00 cE	45,00 dF
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	91,25 cB	83,75 cC	76,25 cdD	65,00 cE	51,25 cF
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	98,50 abA	91,25 bB	86,25 bB	75,00 bC	66,25 bD
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	98,75 abA	92,50 bB	87,50 bB	78,75 bC	63,75 bD
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	93,25 bcA	85,00 cB	77,50 cC	63,75 cD	53,75 cE
CV (%)	3,16						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV, Coeficiente de variação.

As doses de terbutilazina tiveram uma relação quadrática com o controle das plantas daninhas (Figura 3). As porcentagens máximas de controle de *C. album*, *B. plantagina* e *R. raphanistrum* foram estimadas em 86,82, 91,58 e 100% com as doses 1413,75, 1683,33 e 1430,99 g ha⁻¹ respectivamente.

Figura 3. Porcentagem de controle de *Chenopodium album* (A), *Brachiaria plantagina* (B) e *Raphanus raphanistrum* (C) aos 28 dias após a aplicação (DAA) de doses de terbutilazina em pré-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa-PR, 2021.



A aplicação dos herbicidas causou redução da massa seca de plantas daninhas, com exceção da terbutilazina na dose 500 g ha⁻¹ que não diferiu da testemunha capinada (Tabela 12). A maior redução foi obtida com o tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹ que não diferiu da testemunha capinada. Além disso, a produtividade do milho foi aumentada com a aplicação dos tratamentos com herbicida quando comparado a testemunha não capinada, exceto para terbutilazina na dose 500 g ha⁻¹. Houve ganho em produtividade em relação a testemunha capinada de 12,73% para testemunha capinada e de 6,50%, 9,04% e 9,15% nos tratamentos terbutilazina nas doses 1000, 1500 e 2000 g ha⁻¹, respectivamente. Além destes, o tratamento atrazina promoveu ganho de 7,01%.

Tabela 12. Massa seca de plantas daninhas (PD) e produtividade de milho em função da aplicação de tratamentos em pré-emergência e respectivos ganhos em produtividade em relação a testemunha capinada. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	Massa seca de PD (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Ganho em produtividade (%)
Testemunha não capinada	1140,16 a	8675,13 c	-
Testemunha capinada	0,00 d	9779,67 a	12,73
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	1010,83 a	8922,59 bc	2,85
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹) 1)	616,16 b	9293,28 ab	6,50
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹) 1)	298,17 c	9486,48 ab	9,04
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹) 1)	261,33 cd	9494,36 ab	9,15
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	605,50 b	9316,09 ab	7,01
CV (%)	20,69	2,80	-

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, coeficiente de variação.

6.2 EXPERIMENTO 2 – PRÉ-EMERGÊNCIA (TIBAGI/PR)

No segundo experimento, a aplicação de terbutilazina em pré-emergência na dose 2000 g ha⁻¹ não diferiu significativamente da testemunha capinada no controle de *G. parviflora* nas avaliações realizadas até os 28 DAA, sendo o controle maior que 93% durante esse período (Tabela 13). Após esse período, o controle da planta daninha pela terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹, foi maior que os demais tratamentos com herbicida. O tratamento com terbutilazina na dose 1000 g ha⁻¹ não diferiu significativamente do tratamento atrazina quanto ao controle de *G. parviflora* em todas as épocas de avaliação.

Tabela 13. Porcentagens de controle de *Galinsoga parviflora* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pré-emergência das plantas daninhas e do milho. Tibagi – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	93,75 aA	83,75 dB	72,50 dC	58,75 dD	41,25 dE	26,25 dF
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	95,00 aAB	90,00 cdB	80,0 cC	65,00 cdD	53,75 cE	42,50 cF
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	97,25 abA	92,50 bA	80,00 bB	68,75 bC	56,25 bD
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	97,75 abA	93,70 abA	82,50 bB	70,00 bC	57,50 bD
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	96,50 aAB	91,25 bcB	83,75 cD	70,00 cD	58,75 cE	45,00 cF
CV (%)	3,89						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, Coeficiente de variação.

A terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ obtiveram controle maior que 96% da *E. indica*, não diferindo da testemunha capinada nas avaliações realizadas aos 7, 14 e 21 DAA (Tabela 14). A partir dos 28 DAA, houve redução do controle, comparados aos dias anteriores, para os tratamentos com terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹. Contudo, esses tratamentos apresentaram as maiores médias de controle comparados aos demais tratamentos com herbicidas nas avaliações realizadas dos 21 DAA a 56 DAA.

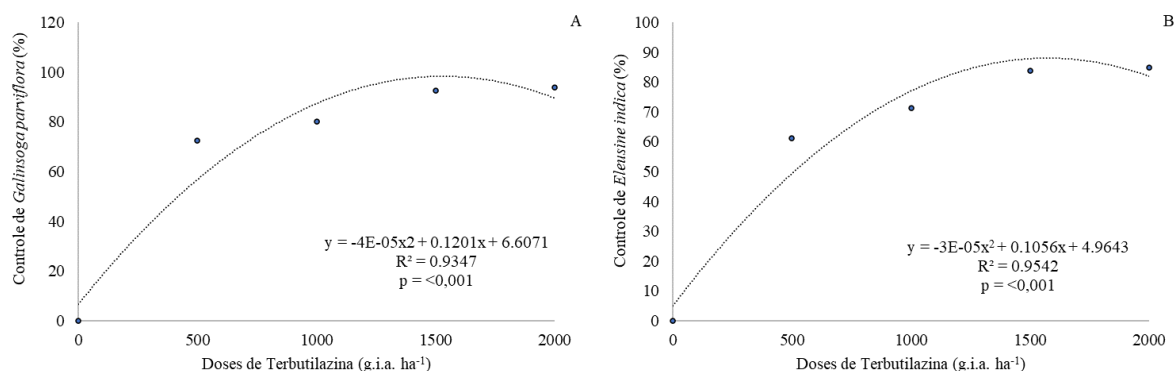
Tabela 14. Porcentagens de controle *Eleusine indica* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pré-emergência das plantas daninhas e do milho. Tibagi – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	94,75 aA	87,50 bA	75,00 cB	61,25 dC	48,75 cD	35,00 cE	10,00 cF
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	98,00 aA	92,50 abAB	85,00 bB	71,25 cC	51,25 cD	36,25 cE	15,00 cF
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	96,75 aA	83,75 bB	67,50 bC	55,00 bD	38,75 bE
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	99,00 aA	97,7 aA	85,00 bB	70,00 bC	58,75 bD	37,50 bE
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	99,00 aA	93,75 abAB	87,5 bB	73,75 cC	53,75 cD	40,00 cE	17,50 cF
CV (%)	5,74						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV, Coeficiente de variação.

As doses de terbutilazina em pré-emergência também tiveram uma relação quadrática com o controle de *G. parviflora* e *E. indica* (Figura 4). Para *G. parviflora*, estimou-se que o controle máximo (96,76%) seria alcançado com a dose de 1501,25 g ha⁻¹, de acordo com a derivada da equação (Figura 4A). Enquanto para *E. indica*, o pico máximo (97,89%) seria alcançado com a dose 1760 g ha⁻¹ de terbutilazina (Figura 4B).

Figura 4. Porcentagem de controle de *Galinsoga parviflora* (A) e *Eleusine indica* (B) aos 28 dias após a aplicação (DAA) de doses de terbutilazina em pré-emergência das plantas daninhas e do milho. Tibagi-PR, 2021.



Em relação a massa seca das plantas daninhas, as menores médias foram observadas para os tratamentos com terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹ comparado aos demais tratamentos com herbicida (Tabela 15). Consequentemente, esses mesmos tratamentos apresentaram as maiores médias de produtividade, não diferindo da testemunha capinada. Além disso, a atrazina não diferiu do tratamento do terbutilazina na dose 1000 g ha⁻¹ e apresentaram maiores médias comparado a terbutilazina na dose 500 g ha⁻¹ e a testemunha capinada. Contudo, houve ganho em produtividade de 17,09% para a testemunha capinada em relação a testemunha capinada, enquanto para os tratamentos com terbutilazina o ganho foi crescente de 3,64%, 7,22%, 14,68% e 15,12% para as doses de 500, 1000, 1500 e 2000 g ha⁻¹, respectivamente. Para o tratamento atrazina, o ganho foi de 9,52%.

Tabela 15. Massa seca de plantas daninhas (PD) e Produtividade de milho em função da aplicação de tratamentos em pré-emergência e respectivos ganhos em produtividade em relação a testemunha capinada. Tibagi – PR, 2021

Tratamentos	Massa seca de PD (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Ganho em produtividade (%)
Testemunha capinada	2001,50 a	6971,77 c	-
Testemunha capinada	0,00 d	8163,35 a	17,09
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	1847,50 a	7225,49 c	3,64
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	1219,50 b	7475,33 b	7,22
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	478,33 c	7995,56 a	14,68
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	555,50 c	8025,78 a	15,12
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	1125,66 b	7635,44 b	9,52
CV (%)	15,26	2,82	-

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, coeficiente de variação.

6.3 EXPERIMENTO 3 – PÓS-EMERGÊNCIA (PONTA GROSSA/PR)

Interações significativas também foram observadas entre tratamento e época quando os tratamentos foram aplicados em pós-emergência das plantas daninhas. Aos 7, 14 e 21 DAA, o tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹ apresentou controle de *C. album* maior que 90%, não diferindo da testemunha capinada (Tabela 16). A partir dos 28 DAA, o tratamento terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹ constatarem porcentagens de controle de *C. album* menor, comparados à testemunha, porém foram melhores que os demais tratamentos com herbicidas.

Tabela 16. Porcentagens de controle de *Chenopodium album* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	70,00 dAB	77,50 cAB	73,75 cAB	67,50 dB	56,25 dC	45,00 dD	32,50 dE
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	81,25 cA	86,25 bA	83,75 bA	78,8 cB	67,5 cC	58,75 cD	48,75 cE
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	88,75 bcA	95,80 aA	92,50 aA	87,50 bAB	80,00 bBC	71,25 bC	60,00 bD
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	92,50 abA	98,50 aA	95,50 aA	90,00 bAB	85,00 bB	78,75 bC	67,50 bD
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	82,50 cA	87,50 bA	82,50 bAB	76,25 cB	68,75 cC	57,50 cD	42,50 cE
CV (%)	4,83						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, Coeficiente de variação.

Aos 7 e 14 DAA houve maior controle de *B. plantagina* nos tratamentos com terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ comparado aos demais tratamentos com herbicida (Tabela 17). Aos 21 DAA, foi observado maior controle de *B. plantagina* pelo tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹ comparado a dose 500 e 1000 g ha⁻¹, mas não diferiu da dose 1500 g ha⁻¹ e da atrazina. A partir dos 28 DAA o melhor controle entre os tratamentos com herbicidas foi para terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹. Além disso, a atrazina não

diferiu da terbutilazina na dose 1000 g ha⁻¹ em todas as épocas avaliadas quanto ao controle da planta daninha.

Tabela 17. Porcentagens de controle de *Brachiaria plantagina* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	63,75 dBC	72,50 eA	68,75 dBC	60,00 dC	47,50 eD	37,50 eE	20,00 dF
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	75,00 cAB	81,25 cdAB	77,50 cAB	70,00 cBC	62,50 cdC	51,25 dD	30,00 cE
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	83,75 bA	88,75 bcA	82,50 bcAB	78,75 bB	70,00 bcB	60,00 bcC	41,25 bE
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	86,25 bA	90,00 bA	86,25 bA	81,25 bB	73,75 bB	65,00 bC	46,25 bD
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	73,75 cAB	80,00 deAB	78,75 bcAB	68,75 cBC	60,00 dC	52,50 cdD	31,25 cE
CV (%)	5,21						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, Coeficiente de variação.

Quanto ao controle de *R. raphanistrum*, o tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹ obteve o controle superior à 98% entre os 7 aos 28 DAA, não diferindo da testemunha capinada (Tabela 18). Além deste, o tratamento atrazina e terbutilazina na dose 1500 g ha⁻¹ também não diferiram da testemunha capinada dos 7 aos 21 DAA. Aos 28 o tratamento terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹, mantiveram o controle da planta daninha superior a 90%, não diferindo da testemunha capinada. Aos 42 e 56 DAA o tratamento atrazina não diferiu da terbutilazina nas doses de 1000 e 1500 g ha⁻¹ no controle de *R. raphanistrum*, porém, foi inferior ao tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹.

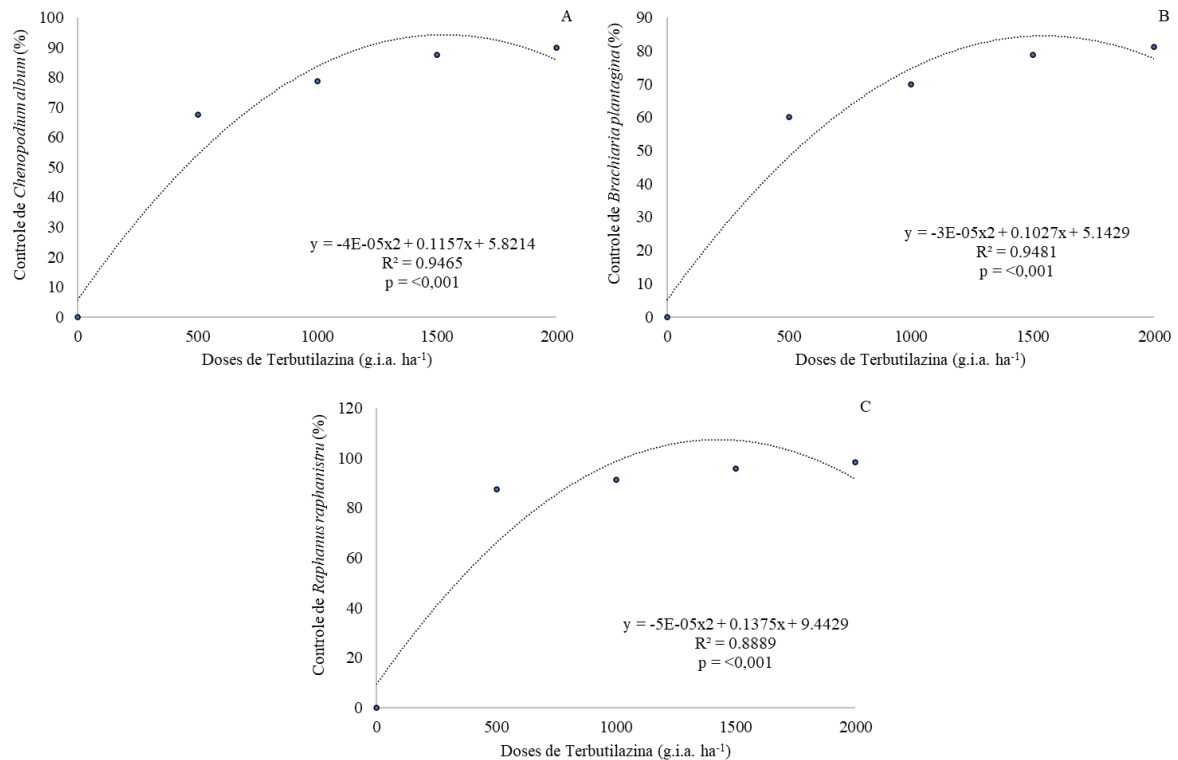
Tabela 18. Porcentagens de controle de *Raphanus raphanistrum* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	86,25 cB	90,00 bAB	91,25 bA	87,50 dAB	80,00 dC	72,50 dD	62,50 eE
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	93,75 bAB	95,75 aA	96,50 aA	91,25 cdB	82,50 cdC	75,00 dD	67,50 dE
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	96,75 abA	97,75 aA	98,50 aA	95,75 abA	91,25 bB	83,75 bcC	72,50 cD
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	98,25 aA	98,50 aA	98,50 aA	98,50 aA	95,00 bA	87,50 bB	78,75 bC
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	95,75 abA	96,50 aA	97,25 aA	93,75 bcA	85,00 cB	80,00 cC	68,75 cdE
CV (%)	2,36						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, Coeficiente de variação.

Foi observado uma relação quadrática entre as doses de terbutilazina em pós-emergência e o controle das plantas daninhas (Figura 5). Para *C. album*, estimou-se que o controle máximo (89,49%) seria alcançado com a dose de 1446,25 g ha⁻¹, de acordo com a derivada da equação (Figura 5A). Para *B. plantagina*, o pico máximo de controle (93,04%) seria alcançado com a dose 1711,67 g ha⁻¹ de terbutilazina (Figura 5B). Enquanto, para *R. raphanistrum* o valor máximo de controle (100%) seria alcançado com a dose 1326,90 g ha⁻¹ de terbutilazina (Figura 5C).

Figura 5. Porcentagem de controle de *Chenopodium album* (A), *Brachiaria plantagina* (B) e *Raphanus raphanistrum* (C) aos 28 dias após a aplicação (DAA) de doses de terbutilazina em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Ponta Grossa-PR, 2021.



O tratamento terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ apresentaram uma menor quantidade massa seca de plantas daninhas, demonstrando que tiveram um controle mais eficiente sobre as plantas daninhas (Tabela 19). Por outro lado, foi constatado maior redução de massa seca para o tratamento terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ comparado a atrazina. Em relação a produtividade, houve aumento significativo para os tratamentos com terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹ e atrazina, quando comparados a testemunha capinada. Além disso, apenas o tratamento com terbutilazina na dose 500 g ha⁻¹ não diferiu da testemunha capinada. Contudo, observou-se ganho em produtividade crescente para as doses de terbutilazina em relação a testemunha capinada, sendo este equivalente a 5,11%, 8,96%, 11,56% e 10,74% para as respectivas doses de 500, 1000, 1500 e 2000 g ha⁻¹. Enquanto a aplicação do herbicida atrazina promoveu ganho de 9,73%.

Tabela 19. Massa seca de plantas daninhas (PD) e produtividade de milho em função da aplicação de tratamentos em pós-emergência e respectivos ganhos em produtividade em relação a testemunha capinada. Ponta Grossa – PR, 2021

Tratamentos	Massa seca de PD (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Ganho em produtividade (%)
Testemunha capinada	1551,32 a	8176,83 c	-
Testemunha capinada	0,00 e	9352,95 a	14,38
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	1313,50 ab	8594,63 bc	5,11
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	1018,82 b	8909,34 abc	8,96
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	550,82 d	9121,74 ab	11,56
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	595,00 cd	9055,41 ab	10,74
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	974,82 bc	8972,04 ab	9,73
CV (%)	20,70	2,31	-

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV, coeficiente de variação.

6.4 EXPERIMENTO 4 – PÓS-EMERGÊNCIA (TIBAGI/PR)

O tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹ manteve o controle de *G. parviflora* superior a 94% dos 7 aos 28 DAA, não diferindo significativamente da testemunha capinada (Tabela 20). Enquanto o tratamento atrazina não diferiu da terbutilazina na dose de 1000 g ha⁻¹ em todas as épocas de avaliação, sendo significativamente inferiores aos tratamentos com terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹ entre os 21 aos 56 DAA.

Tabela 20. Porcentagens de controle de *Galinsoga parviflora* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Tibagi – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	75,00 cBC	82,50 dA	77,50 cAB	70,00 dC	61,25 dD	50,00 dE	28,75 dF
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	85,00 bA	88,75 cdA	85,00 bA	76,25 cdB	67,50 cdC	60,00 cD	50,00 cE
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	93,75 aA	97,25 abA	95,00 aA	91,25 bA	82,50 bB	75,00 bC	65,00 bD
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	94,75 aAB	98,50 aA	96,50 aA	94,50 abAB	88,75 bB	81,25 bC	71,25 bD
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	86,25 bA	91,25 bcA	86,25 bA	78,75 cB	68,75 cC	62,50 cC	51,25 cD
CV (%)	4,25						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV, Coeficiente de variação.

O controle de *E. indica* com a aplicação de terbutilazina em pós-emergência na dose 2000 g ha⁻¹ variou de 88,75% (14 DAA) a 43,75% (56 DAA) nas épocas avaliadas, sendo significativamente superior a atrazina na mesma dose, que por sua vez, controlou de 73,75% (14 DAA) a 25% (56 DAA) (Tabela 21). Semelhante ao controle de *G. parviflora*, o tratamento atrazina não diferiu da terbutilazina na dose de 1000 g ha⁻¹ em todas as épocas de avaliação quanto ao controle de *E. indica*.

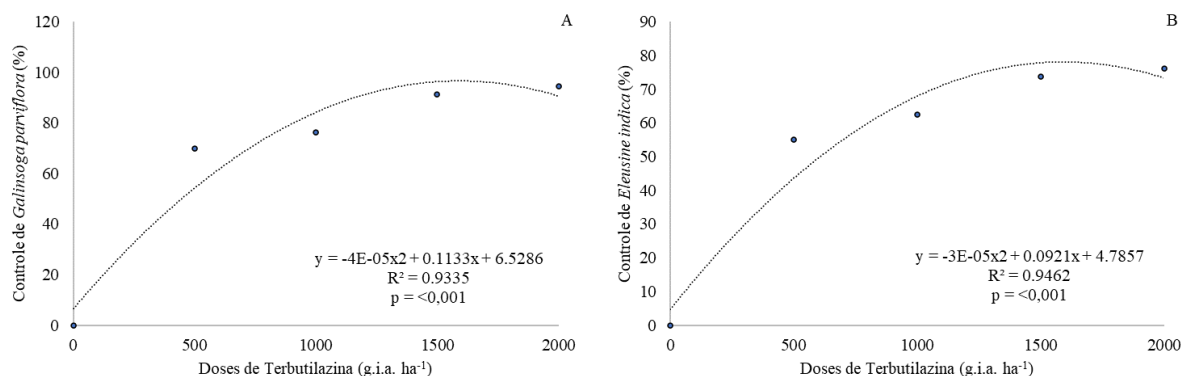
Tabela 21. Porcentagens de controle *Eleusine indica* em sete avaliações realizadas após a aplicação de tratamentos em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Tibagi – PR, 2021

Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	56 DAA
Testemunha capinada	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	55,00 eB	65,00 dA	67,50 cA	55,00 cB	43,75 dC	31,25 dD	13,75 dE
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	71,25 cdA	77,50 cA	71,25 cA	62,50 cB	51,25 cdC	43,75 cC	22,50 cD
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	78,75 bcAB	86,25 bA	81,25 bAB	73,70 bB	65,00 bC	56,25 bD	37,50 bE
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	83,75 bAB	88,75 bA	82,50 bAB	76,25 bBC	70,00 bC	60,00 bD	43,75 bE
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	68,75 dAB	73,75 cA	70,00 cA	61,25 cB	52,50 cC	45,00 cC	25,00 cD
CV (%)	5,85						

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV, Coeficiente de variação.

As doses de terbutilazina em pós-emergência também tiveram uma relação quadrática com o controle de *G. parviflora* e *E. indica* (Figura 6). Conforme mostrado pela derivada da equação, o percentual máximo de controle de *G. parviflora* (86,76 %) foi estimado sendo alcançado com a dose de 1416,25 g ha⁻¹ (Figura 6A). Enquanto para *E. indica* (75,47 %) a dose estimada foi de 1535 g ha⁻¹ (Figura 6B).

Figura 6. Porcentagem de controle de *Galinsoga parviflora* (A) e *Eleusine indica* (B) aos 28 dias após a aplicação (DAA) de doses de terbutilazina em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Tibagi-PR, 2021.



Maiores reduções da massa seca de plantas daninhas foram obtidas com a aplicação da terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ comparados aos demais tratamentos com herbicida (Tabela 22). Enquanto a produtividade do milho não diferiu para os tratamentos com terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹. Ademais, os tratamentos com terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ não diferiram da testemunha capinada quanto a produtividade e obtiveram ganho em produtividade de 14,42% e 14,86% em relação a testemunha capinada. O tratamento atrazina promoveu ganho de 8,59%.

Tabela 22. Produtividade de milho em função da aplicação de tratamentos em pós-emergência e respectivos ganhos em produtividade em relação a testemunha capinada. Tibagi – PR, 2021

Tratamentos	Massa seca de PD (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Ganho em produtividade (%)
Testemunha capinada	2105,85 a	6859, 89 d	-
Testemunha capinada	0,00 d	7988,86 a	16,46
Terbutilazina (500 g ha ⁻¹)	2001,00 a	7165,11 cd	4,45
Terbutilazina (1000 g ha ⁻¹)	1388,00 a	7386,51 bc	7,68
Terbutilazina (1500 g ha ⁻¹)	618,00 c	7849,42 ab	14,42
Terbutilazina (2000 g ha ⁻¹)	708,17 c	7879,60 ab	14,86
Atrazina (2000 g ha ⁻¹)	1282,67 b	7448,88 bc	8,59
CV (%)	11,72	2,91	-

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV, coeficiente de variação.

7 DISCUSSÃO

Os herbicidas não provocaram efeitos fitotóxicos à cultura de milho e não afetaram o estande plantas. A capacidade de tolerância do milho às triazinas se deve ao rápido metabolismo desses herbicidas em compostos não prejudiciais (Nandula et al., 2019). Outros estudos já demonstraram a seletividade da terbutilazina e atrazina em relação ao milho (Azza et al., 2020; Bottcher et al., 2022; Giovanelli et al., 2018; Mitkov et al., 2018).

Durante o período inicial do estabelecimento do milho é crucial o controle adequado de plantas daninhas para garantir o potencial produtivo da cultura. A competição por recursos como luz, água e nutrientes entre as plantas daninhas e o milho pode afetar negativamente o rendimento da cultura. O período crítico de interferência de plantas daninhas na cultura do milho, que ocorre entre 11 e 32 dias após a emergência da cultura, é particularmente importante e portanto deve ser minimizado (Galon et al., 2008; Galon et al., 2018).

- Pré-emergência:

O controle das plantas daninhas *C. album*, *B. plantagina* e *R. raphanistrum* foram superiores a 83% até os 21 DAA dos herbicidas terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ e atrazina na dose de 2000 g ha⁻¹, em pré-emergência. Isso pode ser explicado pelo fato de que esses herbicidas são inibidores do fotossistema II, atuam como falsos aceptores de elétrons na fase clara da fotossíntese elevando à disrupção da fotofosforilação acíclica. Como consequência, ocorre a formação de oxidantes como H₂O₂ capazes de destruir a integridade das membranas, levando a necrose e morte da planta (Matte et al., 2018). No entanto, aos 28 DAA, a atrazina teve um desempenho menor que a terbutilazina, controlou 75, 71 e 85% as plantas daninhas *C. album*, *B. plantagina* e *R. raphanistrum*, respectivamente, enquanto a terbutilazina manteve o controle superior a 80%. O controle insatisfatório de *C. album* e *B. plantagina* com aplicação de atrazina foi consistente com pesquisas anteriores (Marchesan et al., 2013; Woodyard et al., 2009; Fluttert et al., 2022).

A aplicação dos herbicidas atrazina (dose 2000 g ha⁻¹) e terbutilazina (1500 g ha⁻¹), em pré-emergência, visando o controle de *G. parviflora*, proporcionaram um controle eficaz > 80% até os 28 DAA. Neste contexto, o uso de doses menores no controle de plantas daninhas, obtida pela terbutilazina, refletiria em menor custo para o produtor, além de reduzir a sua deposição no solo (Riza, 2012). Além disso, a porcentagem de controle de *E. indica* pelo tratamento atrazina ficou abaixo de 80% aos 28 DAA, enquanto os tratamentos com terbutilazina

nas doses 1500 g ha⁻¹ e 2000 g ha⁻¹ ficaram acima dessa porcentagem. Níveis de controle abaixo de 80% são considerados na prática insatisfatórios (Marchesan et al., 2013).

- Pós-emergência:

Em pós-emergência, o controle das plantas daninhas *C. album* e *B. plantagina* foi superior a 80 % até os 28 DAA do herbicida terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹. Na mesma dose, o herbicida atrazina controlou apenas 76,2 e 68,7% as plantas daninhas *C. album* e *B. plantagina*, respectivamente. Em estudos anteriores, a adição de herbicidas inibidores da 4-hidroxfenilpiruvato dioxigenase (HPPD), como tolpiralato e a mesotriona comumente aplicados pós-emergência em milho, melhoraram o controle de *C. album* em comparação a atrazina sozinha (James et al., 2006; Woodyard et al., 2009; Flutterm et al., 2022).

Controle excelente foi constatado para *R. raphanistrum* (> 90 %) até os 28 DAA para os tratamentos com terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹ e para o tratamento atrazina, em pós-emergência. De forma semelhante, uma pesquisa recente mostrou que a aplicação pós-emergente da terbutilazina na dose 750 g ha⁻¹ controlou de forma altamente eficaz *R. raphanistrum* (99,9 %) (Yukhymuk et al., 2022). Avaliando biótipos de *R. raphanistrum* suscetíveis e resistentes, Costa e Rizzardi (2013) constataram controle de 94% em 14 DAA em pós-emergência de atrazina na dose 2500 g ha⁻¹, não diferenciando significativamente o nível de controle entre os biótipos. O herbicida atrazina geralmente é eficiente no controle de plantas daninhas dicotiledôneas, porém apresenta eficácia variável para o controle de monocotiledôneas (Das et al., 2010; Oliveira Junior., 2011).

Foi observado uma eficácia superior a 90% no controle de *G. parviflora* até os 28 DAA em pós-emergência do herbicida terbutilazina nas doses 1500 e 2000 g ha⁻¹. Enquanto o controle pela atrazina foi inferior a 80% aos 28 DAA. Para alcançar um controle excelente de *G. parviflora*, a atrazina foi aplicada em duas épocas, aos 2 e 18 dias após a emergência da planta daninha na dose de 1400 g ha⁻¹ (Zagonel et al., 2000).

A aplicação dos tratamentos com herbicidas em pós-emergência não proporcionaram um bom controle de *E. indica* (< 80 %) aos 28 DAA. Porém, o tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹ proporcionou um controle eficiente nas avaliações anteriores. Neste contexto, uma mistura com outros herbicidas seria muito importante. Uma mistura de glifosato e terbutilazina ou atrazina no controle de plantas daninhas em cultura do milho já foi testada no Brasil (Bottcher et al., 2022; Silva et al., 2020). Uma eficácia ligeiramente superior aplicando

terbutilazina e glifosato em relação à atrazina e glifosato foram observadas (Bottcher et al., 2022; Currie; Geier, 2019).

Nota-se que, dos 35 DAA até os 56 DAA em todos os ensaios, houve diminuição na taxa de controle devido à emergência de novas plantas daninhas. No entanto, o controle das plantas daninhas foram maiores com a aplicação da terbutilazina (doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹), do que para da atrazina (dose 2000 g ha⁻¹), indicando maior atividade residual do herbicida no solo. A diferença desses herbicidas aplicados nas mesmas condições diferiu principalmente devido às suas diferentes propriedades intrínsecas. Em um estudo anterior, a terbutilazina ficou retida nos primeiros 60 cm de solo agrícola pelo menos duas vezes mais que atrazina devido a sua menor solubilidade em água, maior hidrofobicidade e maior resistência a biodegradação (Stipičević et al., 2015). Ademais, a persistência dos herbicidas no solo é o resultado de processos físicos, químicos e biológicos dinâmicos complexos (Arias-Estévez et al., 2008).

A produtividade do milho foi significativamente afetada pela interferência das plantas daninhas em todos os ensaios, resultando em redução desta variável pela testemunha capinada quando comparada aos tratamentos com herbicidas e a testemunha capinada. Em Ponta Grossa, médias semelhantes de produtividade foram alcançadas com a aplicação dos tratamentos com o herbicida terbutilazina a partir da dose 1000 g ha⁻¹, independente da época de aplicação. Enquanto em Tigabi, o controle das plantas daninhas com a aplicação tanto em pré-emergência como em pós-emergência dos tratamentos terbutilazina nas doses de 1500 e 2000 g ha⁻¹ alcançaram as melhores médias de produtividade, não diferindo da testemunha capinada. Pesquisas anteriores mostraram que o aumento no rendimento de grãos estava diretamente correlacionado com o aumento nos componentes do rendimento e diminuição na densidade e biomassa seca de ervas daninhas (Noor et al., 2012; El-Sobky; El-Naggar, 2016), corroborando com o presente estudo.

8 CONCLUSÕES

No experimento 1 (Pré-emergência - Ponta Grossa/PR), o tratamento terbutilazina (2000 g ha⁻¹) controlou todas as plantas daninhas avaliadas em níveis superiores a 80% até os 28 dias após a aplicação. Enquanto a atrazina no mesmo período obteve o controle inferior à esta porcentagem para a *Chenopodium album* e *Brachiaria plantagina*. No experimento 2 (Pré-emergência - Tibagi/PR), a terbutilazina (1500 g ha⁻¹ e 2000 g ha⁻¹) também obteve o controle superior a 80% nas plantas daninhas avaliadas. Enquanto a atrazina obteve o controle inferior a 80% para *Eleusine indica*. No experimento 3 (Pós-emergência - Ponta Grossa/PR), a terbutilazina (2000 g ha⁻¹) foi eficaz para todas as plantas daninhas avaliadas. Enquanto no experimento 4 (Pós-emergência - Tibagi/PR), a atrazina obteve controle inferior a 80% para as plantas daninhas avaliadas e a terbutilazina controlou de forma eficiente a espécie *Galinsoga parviflora*. Além disso, apesar dos níveis de controle de plantas daninhas terem sido reduzidos a partir dos 35 DAA para todos os tratamentos com herbicida, o tratamento terbutilazina na dose 2000 g ha⁻¹ apresentou controle significativamente superior ao herbicida atrazina, mostrando maior efeito residual. Em relação a produtividade, os maiores ganhos foram observados para os tratamentos com maior nível de controle de plantas daninhas. Na Tabela 23, observamos o espectro de controle da terbutilazina e atrazina, aplicados em pré-emergência e pós-emergência das plantas daninhas.

Tabela 23. Controle maior (+) ou menor (-) que 80% aos 28 DAA dos herbicidas.

Plantas daninhas	PRÉ-EMERGENTE		PÓS-EMERGENTE	
	Terbutilazina	Atrazina	Terbutilazina	Atrazina
<i>Chenopodium album</i>	+	-	+	-
<i>Brachiaria plantagina</i>	+	-	+	-
<i>Raphanus raphanistrum</i>	+	+	+	+
<i>Galinsoga parviflora</i>	+	+	+	-
<i>Eleusine indica</i>	+	-	-	-

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Eds.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelotas: Editora UFPel, 2014. p.9-32.
- ALBRECHT, L. P.; KRENCHINSKI, F. H.; GOMES, A. O.; ALBRECHT, A. J. P.; MATTIUZZI, M. D.; CASSOL, M. Performance of fall and winter crops in a no tillage system in west Paraná State. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 40, p 349-399, 2018.
- ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. **Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 173, n. 29-33, 2020.
- ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; DANILUSSI, M. T. Y.; LORENZETTI, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (orgs.). **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021, p. 145-170.
- ANDR, J.; HEJNAK, V.; JURSIK, M.; FENDRYCHOVA, V. Effects of application terms of three soil active herbicides on herbicide efficacy and reproductive ability for weeds in maize. **Plant, Soil and Environment**, v. 60, n. 10, p. 452-458, 2014.
- ARIAS-ESTÉVEZ, M.; LÓPEZ-PERAGO, E.; MARTÍNEZ-CARBALLO, E.; SIMAL-GÁNDARA, J.; MEJUTO, J.C.; GARCÍA-RÍO, L. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 123, n. 4, p. 247-260, 2008.
- AZZA, K. E.; EL-HASSAN, R. G.; SHARSHAR, A. A. H. Improving the efficiency of herbicides by adding mineral oil on maize (*Zea mays* L.) crop and associated weeds. **Egyptian Journal of Agronomy**, Cairo, v. 42, n. 2, p. 151-162, 2020.
- BALBINOT, C. R.; DARIVA, P. A.; SORDI, A.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A.; LUZ, G. L.; KLEIN, C. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho. **Unesc e Ciência**, Joaçaba, v. 7, n. 2, p. 211-8. 2016.
- BONNY, S. Genetically modified herbicide-tolerant crops, weeds, and herbicides: overview and impact. **Environmental management**, v. 57, n. 1, p. 31-48, 2016.
- BOTTCHER, A. A.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; DE FREITAS, J.; SOUZA, T. Terbutylazine herbicide: an alternative to atrazine for weed control in glyphosate-tolerant maize. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, London, v. 57, n. 8, p. 609-616, 2022.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Grãos**. v. 11. Safra 2023/24, n. 3 – Terceiro levantamento, Brasília, 137 p. dez. 2023.
- CONTINI, E.; MOTA, M.M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R.A.; SILVA, A.F.; SILVA, D.D.; MACHADO, J.R.A.; COTA, L.V.; COSTA, R.V.; MENDES, S.M. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2. Brasília, DF: Embrapa: Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 45p.

COSTA, A. G. F.; SOFIATTI, V.; MACIEL, C. D. G.; FREITAS, J. G.; CARDOSO, G. D.; WIRGUES, L. M. Selectivity of pre and post-emergence herbicides in single or combined applications in castor crop. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2021

COSTA, L. O.; RIZZARDI, M. A. Herbicidas alternativos para o controle de *Raphanus raphanistrum* L. resistente ao herbicida metsulfurom-metílico. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 12, n. 3, p. 268-276, 2013.

COSTA, T. P. D.; PARANATINGA, I. L. D.; PEREIRA, R. J. B.; SANTOS, F. C.; OLIVEIRA, P. C. Avaliação do crescimento de plantas jovens de milho cultivadas em diferentes tipos de solo. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 1, p. 1-5, 2019.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO R. F.; BORGATO E. A.; GOLÇASVES NETTO, A.; MELO, M. S. C. Resistência das plantas daninhas a herbicida: termos e definições importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016. p. 11-31.

CURRIE, R. S.; GEIER, P. W. Comparisons of terbutylazine and atrazine rates and tank mixtures in irrigated corn. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, Kansas, v. 5, n. 7, p. 1-7, 2019.

DAN, H.A.; BARROSO, A.L.L.; PROCÓPIO, S.O.; DAN, L.G.M.; OLIVEIRA NETO, A.M.; GUERRA, N.; BRAZ, G.B.P. Controle químico de plantas voluntárias de soja Roundup Ready®. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 96-101, 2009.

DAS, T. K.; SAKHUJA, P. K.; ZELLEKE, H. Herbicide efficacy and non-target toxicity in highland rainfed maize of Eastern Ethiopia. **International Journal of Pest Management**, London, v. 56, n. 4, p. 315-325, 2010.

DUARTE, J. da S.; DORES, E. F. G. de C.; VILLA, R. D. Microextração líquido-líquido dispersiva assistida por vortex e ultrassom aplicada à determinação de agrotóxicos triazinas, triazinonas e o triazol flutriafol em água. **Química Nova**, São Paulo, v. 39, n. 8, p. 925-931, 2016.

EL-SOBKY, E. E. A.; EL-NAGGAR, N. Z. A. Effect of weed control treatments and planting density in maize (*Zea mays* L.). **Egyptian Journal of Agronomy**, Cairo, v. 38, n. 1, p. 55-77, 2016.

FAO. Food and Agricultural Organization, 2018. FAOSTAT, **FAO Statistical Databases**. Disponível em: <http://apps.fao.org/>. Acesso em: 11 dez. 2023.

FENOLL, J.; HELLIN, P.; MARTINEZ, C. M.; FLORES, P.; NAVARRO, S. Semiconductor-Sensitized Photodegradation of s-Triazine and Chloroacetanilide Herbicides in Leaching Water Using TiO₂ and ZnO as Catalyst under Natural Sunlight. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 238, p. 81–87, 2012.

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

FINGLER, S.; MENDAŠ, G.; DVORŠČAK, M.; STIPIČEVIĆ, S.; VASILIC, Ž. DREVENKAR, V. Herbicide micropollutants in surface, ground and drinking waters within and near the area of Zagreb, Croatia. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 11017-11030, 2017.

FLUTTERT, J. C.; SOLTANI, N.; GALLA, M.; HOOKER, D. C.; ROBINSON, D. E.; SIKKEMA, P. H. Interaction between 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase-inhibiting and reactive oxygen species-generating herbicides for the control of annual weed species in corn. **Weed Science**, Athens, v. 70, n. 4, p. 423-435, 2022.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Corn History and Culture. In: SERNA-SALDIVAR, S.O. (Ed.). **Corn Chemistry and Technology**. 3ed. Elsevier Inc, 2019. p.1–18.

GALON, L.; PINTO, J. J. O.; ROCHA, A. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; PINHO, C. F. Períodos de interferência de *Brachiaria plantaginea* na cultura do milho na região sul do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, p. 779-788, 2008.

GALON, L.; BAGNARA, M. A. M.; GABIATTI, R. L.; REICHERT JÚNIOR, F. W.; BASSO, F. J. M.; NONEMACHER, F.; FORTE, C. T. Interference periods of weeds infesting maize crop. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 10 n. 10, p. 197-205, 2018.

GIOVANELLI, B. F.; SILVA, A. F. M.; ALBRECHT, A. J. P.; AIELLO, L. H. F.; GHIRARDELLO, G. A.; ALBRECHT, L. P.; VICTORIA FILHO, R. Selectivity of herbicides applied separately or in combination in the post emergence of rr2 maize. **Brazilian Journal of Agriculture**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 1, p. 47-57, 2018.

GONÇALVES, J. S., **Estratégias de biorremediação para solos contaminados com o herbicida terbutilazina com base na bioadição de *Pseudomonas* so, ADP**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada) – Departamento de Biologia Vegetal da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

GONÇALVES NETTO, A.; CORDEIRO, E. M. G; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; OVEJERO, R. F. L.; BRUNHARO, C. A .C. G.; ZUCCHI, M. I.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Population genomics of *Digitaria insularis* from soybean areas in Brazil. **Pest Management Science**. 77:5375-5381, 2021.

GWATIDZO, V. O.; CHIPOMHO, J.; PARWADA, C. Understanding Mechanisms of Herbicide Selectivity in Agro-Ecosystems: A Review. **Advanced Chemicobiology Research**, v. 2, n. 1, p. 79-88, 2023.

HEAP, I. M. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org> (acesso em: setembro 15, 2023).

JOHNSON, W. G.; DAVIS, V. M.; KRUGER, G. R.; WELLER, S. C. Influence of glyphosate-resistant cropping systems on weed species shifts and glyphosate-resistant weed populations. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 162-172, 2009.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L. Plantas daninhas. In: CRUZ, J.C. **Cultivo do milho**. 3.ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. p.7.

KRANZ, W. M. **Plantas Daninhas em Pastagens do Paraná**. Londrina, PR: IDR-Paraná, 2022. 517 p.

LANDAU, C. A.; HAGER, A. G.; WILLIAMS II, M. M. Diminishing weed control exacerbates maize yield loss to adverse weather. **Global Change Biology**, v. 27, n. 23, p. 6156-6165, 2021.

LOUREIRO, I.; SANTIN-MONTANYÁ, I.; ESCORIAL, M. C.; GARCÍA-RUIZ, E.; COBOS, G.; SÁNCHEZ-RAMOS, I.; CHUECA, M. C. Glyphosate as a tool for the incorporation of new herbicide options in integrated weed management in maize: A weed dynamics evaluation. **Agronomy**, v. 9, n. 12, p. 876, 2019.

LAMEGO, F. P.; CARATTI, F. C.; REINEHR, M.; GALLON, M.; SANTI, A. L.; BASSOET, C. J. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.1, p.97-105, 2015.

JAMES, T. K.; RAHMAN, A.; HICKING, J. Mesotrione a new herbicide for weed control in maize. **New Zealand Plant Protection**, New Zealand, v. 59, p. 242-249, 2006.

KUVA, M. A.; SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A. Índices fitossociológicos aplicados na ciência e na gestão das estratégias de controle de plantas daninhas. In: BARROSO, A. A. R.; MURATA, A. T. (Org.) **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. 547 p.

LOVAKOVIĆ, B. T.; PIZENT, A.; KAŠUBA, V.; KOPJAR, N.; MICEK, V.; MENDAŠ, G.; DVORŠČAK, M.; MIKOLIĆ, A.; MILIĆ, M.; ŽUNEC, S.; VRDOLJAK, A. L. ŽELJEŽIĆ, D. Effects of sub-chronic exposure to terbuthylazine on DNA damage, oxidative stress and parent compound/metabolite levels in adult male rats. **Food and Chemical Toxicology**. v. 18, p. 93-103, 2017.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 22).

MARCHESAN, E.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; DICK, D.P.; DEDORDI, G.; XAVIER, E. Controle de papuã (*Urochloa plantaginea*) e produtividade de milho em solo argiloso através de formulação e doses de atrazina com liberação controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 11, p. 1974-1980, 2013.

MATZRAFI, M.; PELEG, Z.; LATI, R. R. Herbicide Resistance in Weed Management. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 2-4, 2021.

MATTE, W. D.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; MACHADO, F. G.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; GUTIERREZ, F. S.; SILVA, J. R. V. Eficácia de [atrazine+mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 1-14, 2018.

MIRANDA, R.A. Breve história da agropecuária brasileira. In: LANDAU, E.C.; SILVA, G.A.; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D.P. (Ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: cenário histórico, divisão política,**

características demográficas, socioeconômicas e ambientais. Brasília: Embrapa, 2020. v.1, cap.2, p.31-57.

MITKOV, A.; YANEV, M.; NESHEV, N.; TONEV, T. Biological efficacy of some soil herbicides at maize (*Zea mays* L.). **Scientific Papers- Series A, Agronomy**, Bucharest, v. 61, n., p. 340-345, 2018.

MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; SILVA, A.C.; SILVA, P.V.; AMARAL, L.R. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 185-193, 2008.

MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. Impacto de herbicidas sobre os recursos hídricos. **Revista tecnologia & inovação agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 142-151, 2008.

NANDULA, V. K.; RIECHERS, D. E.; FERHATOGLU, Y.; BARRETT, M.; DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; GOLDBERG-CAVALLERI, A.; TETARD-JONES, C.; WORTLEY, D. J.; ONKOKESUNG, N. Herbicide metabolism: crop selectivity, bioactivation, weed resistance, and regulation. **Weed Science**, Athens, v. 67, n. 1, p. 149-175, 2019.

NEDELJKOVIĆ, D.; KNEŽEVIĆ, S.; BOŽIĆ, D.; VRBNIČANIN, S. Critical Time for Weed Removal in corn as influenced by planting pattern and PRE herbicides. **Agriculture**, v. 11, n. 7, p. 1-12, 2021.

NOOR, M.; MUHAMMAD, A.; ABDUL, G.; ABDUS, S.; MUHAMMD, A. Comparative efficiency of new herbicides for weed control in maize (*Zea mays* L.). **Pakistan Journal of Weed Science Research**, Islamabad, v. 18, n. 2, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 142–192.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011, p.348.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; BIFFE, D. F.; MACHADO, F. G.; SILVA, V. F. V. Mecanismos de ação de herbicidas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**, 1. ed., Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021, p. 170-204.

OLIVEIRA, M. C.; OSIPITAN, O.A.; BEGCY, K.; WERLE, R. Cover crops, hormones and herbicides: Priming an inte-grated weed management strategy. **Plant Science**, v. 301, p. 1-12, 2020.

OSTERHOLT, M. J.; WEBSTER, E. P.; BLOUIN, D. C.; MCKNIGHT, B. M. Overlay of residual herbicides in rice for improved weed management. **Weed Technology**, Cambridge, v. 33, p. 426-430, 2019.

PANNACCI, E.; ONOFRI, A. Alternatives to terbutylazine for chemical weed control in maize. **Communications in Biometry and Crop Science**, v. 11, p. 51-63, 2016

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; DE OLIVEIRA PROCÓPIO, S.; CARGNELUTTI FILHO, A.; VOLF, M. R. Seletividade de herbicidas à cultura do milho e ao capim-braquiária cultivadas no sistema de integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 855-864, 2011.

PIASECKI, C.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; PICOLI, G. J.; BELLINI, L. F.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Control of Italian Ryegrass and Alexandergrass in Corn Using Different Corn Sowing Date, Pre-and Post-Emergent Herbicides. **Bragantia**, v. 79, p. 387–398, 2020.

QUEIROZ, A. R. S.; DELATORRE, C. A.; LUCIO, F. R.; ROSSI, C. V. S.; ZOBIOLE, L. H. S.; MEROTTO JR, A. Rapid necrosis: A novel plant resistance mechanism to 2,4-D. **Weed Science**, v. 67, n. 1, p. 1-41, 2019.

RIBEIRO, S. S. Cultura do Milho no Brasil. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v.49, n. 1, p. 1-13, 2014.

RIZA, K. A. Y. A. Possibilities of reducing herbicide use in weed control in sugar beet production. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, Atakum, v. 27, n. 3, p. 133-139, 2012.

SASSINE, L.; LE GAL LA SALLE, C.; KHASKA, M.; VERDOUX, P.; MEFFRE, P.; BENFODDA, Z.; ROIG, B. Spatial distribution of triazine residues in a shallow alluvial aquifer linked to groundwater residence time. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 6878-6888, 2017.

SCHULTE, M.; STEINHEUER M.; DUFER B.; RADER T. Why has terbuthylazine become the basic component of weed control in maize cropping of Central Europe? A benefit assessment. **Julius-Kühn-Archiv**, v. 1, n. 434, p. 321-328, 2012.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, A. C.; SANTOS, J. B; D'ANTONINO, L. Biologia de Plantas Daninhas. In: ZAMBOLIM, L. et al.. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**, Viçosa-MG, 2014, p. 59-90.

SILVA, M. R.; GALON, L.; ROSSETTO, E. R. O.; SILVA, A. F. D.; FAVRETTO, E. L.; BRUNETTO, L.; GALLINA, A.; SILVA, A. M. L.; TONIN, R. J. Weed management in glyphosate-resistant maize. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 87, n. 1, p. 1-9, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBPCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBPCPD, 1995. 42p.

STIPIČEVIĆ, S.; GALZINA, N.; UDIKOVIĆ-KOLIĆ, N.; JURINA, T.; MENDAŠ, G.; DVORŠČAK, M.; DREVENKAR, V. Distribution of terbuthylazine and atrazine residues in crop-cultivated soil: The effect of herbicide application rate on herbicide persistence. **Geoderma**, Madri, v. 259, p. 300-309, 2015.

TREBST, A. The Mode of Action of Triazine Herbicides in Plants. In: LEBARON, H.; MCFARLAND, J.; BURNSIDE, O. (Eds) **The Triazine Herbicides: 50 Years Revolutionizing Agriculture**. Elsevier: Oxford, 2008; pp 101–111.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Foreign Agricultural Service**. 2023. Disponível em <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em 11 dez. 2023.

VALLEBUENO-ESTRADA, M.; RODRÍGUEZ-ARÉVALO, I.; ROUGON-CARDOSO, A.; MARTÍNEZ GONZÁLEZ, J.; GARCÍA, A.C.; MONTIEL, R.; VIELLE-CALZADA, J.P. The earliest maize from San Marcos Tehuacán is a partial domesticate with genomic evidence of inbreeding. **Proceedings National Academy of Sciences**, v.113, p.14151-14156, 2016.

XIAO, F.; PIGNATELLO, J. J. Interactions of Triazine Herbicides with Biochar: Steric and Electronic Effects. **Water Research**, v. 80, p. 179–188, 2015.

YUKHYMUK, V. V.; RADCHENKO, M. P.; SYTNIK, S. K.; MORDERER, Y. Y. Effects of interaction and effectiveness of weed control when using tank mixtures of herbicides in maize crops. **Regulatory Mechanisms in Biosystems**, Ukraine, v. 13, n. 2, p. 114-120, 2022.

WOODYARD, A. J.; BOLLERO, G. A.; RIECHERS, D. E. Broadleaf weed management in corn utilizing synergistic postemergence herbicide combinations. **Weed Technology**, Cambridge, v. 23, n. 4, p. 513-518, 2009.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Effect of methods and control time of weeds in maize crop. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, p. 143-150, 2000.