

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RAUL ZUCOLO IRION**

**PERSISTÊNCIA E NÍVEIS DE CONTROLE DE ESPÉCIES DANINHAS COM  
HERBICIDAS EM DOSE RECOMENDADA EM MILHO**

**PATO BRANCO  
2021**

**RAUL ZUCOLO IRION**

**PERSISTÊNCIA E NÍVEIS DE CONTROLE DE ESPÉCIES DANINHAS COM  
HERBICIDAS EM DOSE RECOMENDADA EM MILHO**

**Persistence and weed control with herbicides at recommended rates in corn**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Michelangelo Muzell Trezzi.

**PATO BRANCO**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**RAUL ZUCOLO IRION**

**PERSISTÊNCIA E NÍVEIS DE CONTROLE DE ESPÉCIES DANINHAS COM  
HERBICIDAS EM DOSE RECOMENDADA EM MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Agronomia do Curso da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26/novembro/2021

---

Michelangelo Muzell Trezzi  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco

---

Gilberto Santos Andrade  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco

---

Maiara Pinheiro Borges  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco

**PATO BRANCO**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao professor Dr. Michelangelo Muzell Trezzi por aceitar ser meu orientador deste trabalho, por todos os ensinamentos, conselhos e acompanhamento durante esta trajetória. Sempre que precisei de ajuda, ele estava pronto para esclarecer minhas dúvidas e me indicar a direção correta.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco e todos os professores do curso de Agronomia no qual passaram seu conhecimento, experiências e valores para não só meu crescimento profissional, mas também pessoal. Também a professora Dr.<sup>a</sup> Rachel Guimarães, no qual foi minha orientadora no estágio de Física do Solo ao decorrer da graduação.

Ao Dr. Fortunato Pagnoncelli pela ajuda em rodar os dados do trabalho e os diversos conselhos e ensinamentos. Aos amigos Eduardo Sandrin, Marlon Moschen, José Carlos Holub, Carlos Coltro Sczepanski, Giovanni Ribeiro Quani, Lucas Colonelli, Rogê Afonso Fernandes e Rogê Henrique Fernandes que me ajudaram no decorrer deste trabalho.

## RESUMO

A cultura do milho tem extrema importância não só para alimentação mundial, mas também para a economia do Brasil. Para obter índices cada vez mais produtivos é imprescindível o uso de produtos químicos. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os níveis de controle e o efeito residual sobre plantas daninhas após o uso de dose recomendada de associações de herbicidas na cultura do milho. O experimento foi conduzido em duas etapas, a campo e casa de vegetação. Na primeira etapa realizada em campo em blocos ao acaso, foram aplicadas as seguintes combinações de herbicidas após a semeadura do milho: mesotrione+atrazina, atrazina+simazina e tembotrione+atrazina. Em intervalos de 0, 7, 15, 25 e 35 dias após aplicação dos produtos, foram coletadas amostras de solos e congeladas para que fossem utilizadas na segunda etapa, na casa de vegetação. Todas as amostras de solo foram descongeladas no mesmo dia e foi efetuado bioensaio com as espécies daninhas guaxuma, leiteiro e picão-preto. Foram efetuadas determinações de altura aos 4, 11, 18, 25 e 35 dias após semeadura (DAS) e massa verde aos 35 DAS. Na etapa de campo, os rendimentos de grãos de milho proporcionado pelos tratamentos com as associações dos herbicidas mesotrione+atrazina, atrazina+simazina e tembotrione+atrazina não diferiram entre si. As combinações de herbicidas mesotrione+atrazina e atrazina+simazina exerceram controle de plantas daninhas em intervalos de tempo mais curtos após aplicação, em relação ao tratamento tembotrione+atrazina, o qual proporcionou controle mais eficiente em intervalos mais tardios após a aplicação. São feitas suposições sobre os distintos períodos de eficiência entre os tratamentos com combinações de herbicidas.

**Palavras-chave:** *zea mays*; adsorção; produtividade; estufa.

## ABSTRACT

The corn crop is extremely important not only for world food, but also for Brazil's economy. To obtain increasingly more productive rates, the use of chemicals is essential. This work was carried out with the objective of evaluating the control levels and the residual effect on weeds, after the use of the recommended dose of herbicide associations in the corn crop. The experiment was conducted in two stages, in the field and in the greenhouse. In the field stage, conducted in randomized blocks, the following combinations of herbicides were applied after corn seeding: mesotrione+atrazine, atrazine+simazine and tembotrione+atrazine. At intervals of 0, 7, 15, 25, and 35 days after application of the products, soil samples were collected and frozen for use in the second stage, in the greenhouse. All soil samples were thawed on the same day and a bioassay was conducted with the weeds arrowleaf sida, wild poinsettia and black jack. Height measurements were made at 4, 11, 18, 25, and 35 days after sowing (DAS) and green mass at 35 DAS. In the field stage, corn grain yields provided by treatments with the combinations of the herbicides mesotrione+atrazine, atrazine+simazine and tembotrione+atrazine did not differ from each other. The herbicide combinations mesotrione+atrazine and atrazine+simazine exerted weed control at shorter time intervals after application, compared to the tembotrione+atrazine treatment, which provided more efficient control at later intervals after application. Assumptions are made about the different efficiency periods between the treatments with herbicide combinations.

**Keywords:** *zea mays*; adsorption; productivity; greenhouse.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média, máxima e mínima (°C) durante o período de condução do experimento no ano de 2019. IAPAR, Pato Branco, 2019.....	24
Figura 2 - Dados de massa de mil grãos na cultura do milho (g) dentro de cada tratamento .....	28
Figura 3 - Dados de produtividade da cultura do milho (kg/ha) dentro de cada tratamento .....	28
Figura 4 - Altura de plantas (cm) de guaxuma aos 13 (a), 20 (b), e 27 (c) dias após a semeadura e massa verde (d) no experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).....	30
Figura 5 - Altura de plantas (cm) de leiteiro aos 13 (a), 20 (b) e 27 (c) DAS e massa verde (d) aos 27 DAS no experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).....	33
Figura 6 - Altura de plantas (cm) de picão-preto aos 13 (a), 20 (b) e 27 (c) (d) DAS no experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas e composição textural do Latossolo Vermelho Distrófico em que foi conduzido o experimento na safra 2018/2019. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2019 .....	23
Tabela 2 - Tratamentos avaliados e dosagens, tanto em gramas quanto litros, extrapoladas para um hectare UTFPR, Campus Pato Branco, 2020 .....	24
Tabela 3 - Propriedades físico-químicas dos herbicidas. Contendo log Kow relacionado afinidade do herbicida pela água ou pelo óleo; Pka constante ácida do herbicida; Koc constante de adsorção, quão adsorvido o herbicida fica nos colóides da matéria orgânica ou da argila; Mobilidade do herbicida no solo (PUBCHEM, 2021) .....	25
Tabela 4 - Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde.....	27
Tabela 5 - Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde.....	29
Tabela 6 - Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde.....	32
Tabela 7 - Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde.....	34



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
SPD	Sistema Plantio Direto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
PCPI	Período Crítico de Prevenção da Interferência
GGE	Gases do efeito estufa
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
KOW	Octanol/water Coeficient
PKA	Constante de Dissociação de Ácido
KOC	Coeficiente de Adsorção
DAS	Dias Após Semeadura
DAA	Dias Após Aplicação

## LISTA DE SÍMBOLOS

g	Gramas
ha	Hectare
Kg	Quilogramas
L	Litro
m	Metros
mL	Mililitro
pH	Potencial Hidrogeniônico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Específico .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Importância da cultura do milho .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Manejo plantas daninhas da cultura do milho .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Leiteiro.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Picão-preto .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Guanxuma.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do milho .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Uso de herbicidas inibidores do fotossistema II e inibidores de carotenóides no manejo de plantas daninhas na cultura do milho .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b>Persistência de herbicidas na cultura do milho e relação com o controle de plantas daninhas .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Primeira etapa.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Segunda etapa.....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Resultados do experimento de campo.....</b>	<b>28</b>
<b>5.2</b>	<b>Resultados dos experimentos em casa de vegetação.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Guanxuma.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Leiteiro.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Picão-preto .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays L.*) possui importante participação no mercado e na economia brasileira. Segundo a Conab (2019) a produção total para a cultura na safra 2018/19 é de 116,4 milhões de toneladas. Estima-se que até 2020, sejam exportados 35 milhões de toneladas, um marco histórico para cadeia produtiva do Brasil (CONAB, 2019). Para suprir essa demanda, tanto para exportação quanto consumo interno, o agricultor cada vez mais cultiva o milho na safrinha. Embora com potencial produtivo mais baixo do que na safra normal, o milho cultivado na safrinha tem proporcionado aos agricultores um retorno econômico importante, desde que as áreas cultivadas recebam um aporte tecnológico significativo, que vão desde a escolha de cultivares adaptadas, fertilização adequada, bem como a execução de manejo fitossanitário compatível com este período de ano (CASAGRANDE; FORNASIERI FILHO, 2002).

A realização da safrinha de milho não só pode proporcionar vantagem econômica para o produtor, mas é uma opção para a sucessão/rotação de culturas, a qual trará benefícios agronômicos para as áreas cultivadas. O sistema sucessão/rotação com milho apresenta potencial para melhorar vários aspectos relacionados ao solo e ao manejo fitossanitário das áreas. A palhada aportada ao sistema poderá auxiliar no controle de doenças, pragas e plantas daninhas e manterá a umidade do solo e também o equilíbrio de nutrientes. Dará sequência ao cultivo Sistema Plantio Direto (SPD), que proporciona uma conservação maior do solo (SOUZA; SORATTO, 2006).

Para que se alcance a produtividade máxima de uma cultura, devem ser controlados insetos pragas, doenças e plantas daninhas. O manejo de pragas, que muitas vezes é realizado de forma errônea na safra principal de soja, ocasiona aumento da população de insetos como lagartas, percevejos, cigarrinhas tornando o fator impactante para um bom rendimento do milho safrinha (CRUZ *et al.*, 1999). Similarmente ao controle de pragas, o manejo inadequado de plantas daninhas durante o ciclo da soja cultivada na safra normal, poderá dificultar ou mesmo comprometer a realização do manejo eficiente de plantas daninhas durante o milho safrinha e também, é uma forma de evitar a entrada de doenças na lavoura. Na cultura do milho, os tratos culturais a fim de reduzir doenças como cercosporiose,

mancha branca, ferrugem polissora, devem ser realizados de forma correta e eficaz (CASELA, *et al.*, 2006).

As plantas daninhas não só competem com a cultura por água e nutrientes, mas também por radiação solar, diminuindo as taxas de fotossíntese das espécies cultivadas. As plantas daninhas interferem diretamente sobre as cultivadas, reduzindo sua produtividade, afetando a qualidade de grãos e podendo dificultar bastante o processo de colheita mecanizada. Segundo López-Overejo *et al.* (2003), o dano causado na produtividade devido as plantas daninhas na cultura do milho podem chegar a 70%. No seu manejo, podem ser implantados métodos preventivos, culturais, mecânicos e químicos. O controle químico além de ser o mais utilizado, é o que apresenta maior nível de controle, de forma rápida e abrangendo uma vasta gama de espécies de daninhas (KARAM, 2004)

No Brasil, na cultura do milho, estão registrados 17 ingredientes ativos de herbicidas (EMBRAPA, 2019). Estes herbicidas podem estar agrupados pelo mecanismo de atuação nas plantas, pela modalidade de aplicação (pré-plantio-incorporado, pré-emergência e pós emergência) e pela sua seletividade para espécies cultivadas e daninhas. Os herbicidas aplicados na cultura devem ser seletivos para ela, ou seja, não terão efeito prejudicial significativo sobre a cultura, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular. Dentre os herbicidas amplamente utilizados no milho destacam-se os pertencentes aos inibidores de fotossistema II e os herbicidas inibidores da síntese de carotenoides. Os inibidores do fotossistema II, também conhecidos como inibidores da síntese de Hill, foram descobertos na década de 50, perpetrando a não ocorrência da evolução do oxigênio através da água no comparecimento do acceptor de elétrons e cloroplastos (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Os inibidores da síntese de carotenoides atuam no bloqueio da síntese dos pigmentos de carotenoides, fazendo com que ocorra a fotodegradação da clorofila. Este mecanismo de ação é dividido em três grupos, aonde atuam em diferentes sítios de atuação para bloquear os pigmentos dos carotenóides, porém o sintoma na planta alvo é o mesmo.

Os herbicidas atrazina (inibidor do fotossistema II), mesotrione e tembotrione (inibidores de carotenoides) constituem importantes alternativas de manejo químico na cultura do milho. A persistência desses herbicidas é muito variável de acordo com as condições ambientais, pois a degradação microbiana dos

mesmos é dependente de fatores do ambiente, principalmente da disponibilidade hídrica e da temperatura do solo.

Atualmente, questiona-se se a persistência desses herbicidas é suficiente para se estender durante todo o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) da cultura, que se situa em torno de 15 a 50 dias após a emergência da cultura, período durante o qual as plantas daninhas devem ser controladas. Caso os herbicidas aplicados não persistam pelo período almejado até o final do PCPI, seria possível hipotetizar que há necessidade de aumentar suas doses ou de que há necessidade de se efetuar mais de uma aplicação dos mesmos, para que haja atuação durante todo o PCPI.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Avaliar os níveis de controle e o efeito residual sobre plantas daninhas, ao nível de campo e casa de vegetação, após o uso de dose recomendada das associações de herbicidas na cultura do milho.

### 2.2 Específico

Determinar o efeito residual no solo de doses máximas de rótulo das associações de atrazina + simazina, mesotrione + atrazina e tembotrione + atrazina por meio da utilização de plantas daninhas bioindicadoras.

Investigar a eficiência de controle das distintas associações de herbicidas, aplicados na dose máxima de rótulo, sobre plantas de *Bidens pilosa*, *Euphorbia hererophylla*, *Sida rhombifolia*.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Importância da cultura do milho

Nos últimos anos, a utilização da cultura do milho e sua importância mudou de forma relevante não só para produtores, mas também para os consumidores brasileiros. Uma vez que o grão deixou de ser utilizado com a finalidade principal de alimentação animal, e passou a ser utilizado como matriz energética de etanol, alimentação humana através de farinha e de outros produtos, a sua produção deste aumentou em nosso país. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor e o segundo mais exportador de milho do mundo (CONAB, 2019).

Segundo o IBGE (2019) a estimativa de produção de milho do Brasil em 2019 é de 26,1 milhões de toneladas na primeira safra e 74,1 milhões de toneladas na segunda safra, totalizando uma produção de 100,2 milhões de toneladas. Um marco importante para a produção brasileira, uma vez que supera a produção recorde de milho na segunda safra. Esse sucesso acredita-se que seja devido a antecipar a semeadura da soja, fazendo com que haja um período maior para semeadura de milho, alcançando produtividade de 5741 kg/ha (IBGE, 2019)

Cada brasileiro consome em média 39,5 Kg de carne bovina ao ano (PEREIRA *et al.*, 2019). Grande parte das dietas de animais como aves, suínos e bovinos tem como base o milho na forma de silagem ou ração obtida através do grão. O milho apresenta um potencial energético alto, quando comparado com outros cereais, atendendo assim as exigências nutricionais demandada por esses animais (PEREIRA *et al.*, 2019).

A cultura do milho é uma alternativa para a produção de etanol. Embora não alcance produtividade como a cultura da cana-de-açúcar, o milho pode ser cultivado tanto na safra quanto na entressafra. Além de utilizar os mesmos equipamentos que a cana-de-açúcar para a produção de etanol, o milho apresenta reduções inferiores de GEE (Gases do efeito estufa) quando comparado a cana (MILANEZ *et al.*, 2014). A utilização do milho para a produção de etanol, aumentará o preço desta commodities fazendo com que seja um incentivo para o produtor implantar esta cultura na primeira ou segunda safra (MILANEZ *et al.*, 2014).



### 3.2 Manejo plantas daninhas da cultura do milho

Plantas daninhas provocam danos indiretos, tornando-se hospedeiras para fungos e insetos. Competição, alelopatia e prejuízos na colheita, fazem parte dos danos diretos provocados pelas mesmas. A competição por nutrientes é de suma importância, pois a falta faz com que a cultura não atinja produtividade máxima, principalmente quando há carência de nitrogênio, responsável pelo o aumento de biomassa e conseqüentemente capacidade fotossintética. A competição por luz modifica a arquitetura do milho, fazendo com que mude a posição de suas folhas devido ao preenchimento por outra planta (KARAM; MELHORANÇA, 2011).

Além da competição, plantas daninhas como *Digitaria horizontalis*, *Echinochloa crusgalli*, *Setaria faberil*, podem liberar substâncias químicas que interferem no crescimento e desenvolvimento do milho, efeito denominado alelopatia (KARAM; MELHORANÇA, 2011). A eficiência de colheita também pode ser afetada, quando ocorre o embuchamento da plataforma principalmente ocasionada pela *Ipomoea* sp. e *Commelina* sp.. As colhedoras também contribuem para maior disseminação e proliferação das plantas daninhas (KARAM; MELHORANÇA, 2011).

A fim de reduzir os danos causados pelas plantas daninhas, além dos métodos tradicionais como controle físico e químico, é fundamental o uso de medidas preventivas nas áreas cultivadas. Gazziero *et al.* (2001) explica que evitar a entrada de plantas daninhas através de sementes, implementos agrícolas e animais que ajudam a disseminar é uma medida importante, mesmo tendo em vista que a dormência dificulta a eficácia desta prática.

A interação entre cultivares de milho com práticas de semeadura mostra eficiência quando ambos estão em harmonia. O milho que apresenta uma arquitetura foliar ereta semeado em espaçamentos mais reduzidos, diminui a incidência de plantas daninhas (TREZZI *et al.*,2008). Oliveira Júnior (2001) ressalta que o uso de palhada além de proporcionar um controle químico através da alelopatia, proporciona controles físicos através da redução de passagem de luz, fazendo com que não ocorra a quebra da dormência das plantas daninhas e também dificulte seu crescimento.

Entre as medidas físicas, Oliveira Júnior (2001) ressaltam o controle manual, através do arranquio e a capina manual, com o auxílio de enxada. As práticas físicas, são utilizadas em pequenas propriedades, devido ao seu baixo rendimento. Já o controle

químico, torna-se quase imprescindível em propriedades com grandes extensões de terra. A utilização de herbicidas de forma correta pode proporcionar controle homogêneo e eficaz. Caso contrário, seu uso de forma errônea pode resultar em baixa eficiência e efeitos colaterais, tais como a resistência nas plantas daninhas ao produto.

### 3.2.1 Leiteiro

A *Euphorbia heterophylla*, família Euphorbiaceae, é originada da América. Podendo chegar até 80 cm de altura, é uma planta anual, herbácea, leitosa. Seu caule pode ser simples ou ramificado, de forma cilíndrica. Suas folhas e coloração do caule variam conforme a espécie. Sua disseminação ocorre através de sementes, tendo alta capacidade germinativa. Sua raiz é pivotante (BRIGHENTI, 2010).

### 3.2.2 Picão-preto

O *Bidens pilosa*, família Asteraceae, é originado da América Tropical. Pode chegar a 1,2 metro de altura, possui ciclo curto, podendo originar 3 gerações ao ano. Apresentam o caule ereto de seção quadrangular, suas folhas são pecioladas e opostas (de 3 a 7 folíolos). Sua disseminação ocorre através de sementes que facilmente se aderem em animais e roupas, que facilitam esta prática (BRIGHENTI, 2010).

### 3.2.3 Guanxuma

A *Sida rhombifolia*, família Malvaceae, tem origem do Continente Americano, pode chegar até 80 cm de altura, seu ciclo pode ser perene ou anual. Suas características são, caule fibroso, folhas simples e alternadas, flores de tom amarelado. Apresenta um robusto sistema radicular, na qual suas raízes podem chegar a 50 cm de profundidade (BRIGHENTI, 2010).

### **3.3 Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do milho**

Plantas daninhas trazem dano direto nas componentes ligadas a produtividade da cultura desejada. Por tanto saber a época de manejo, seja ele físico ou químico, na cultura do milho, resulta em maiores probabilidades de sucesso da lavoura. Kozlowski (2002) demonstrou experimentalmente que a produtividade de milho na presença de plantas daninhas durante todo o ciclo, reduz de 8568 kg/ha para 1130 kg/ha, o que representa um decréscimo de 86,81%. A época ideal para começar o controle das plantas daninhas na cultura do milho é até o estágio V2, visto que é considerado o período anterior à interferência (KOZLOWSKI, 2002). Entre os estádios V2 à V7 corresponde ao período total de prevenção da interferência, ou seja, o período em que não pode ocorrer infestação de plantas daninhas, sob pena de redução de produtividade da cultura.

Devido a interferência das plantas daninhas no período total de prevenção da interferência, pode ocorrer redução no acúmulo de biomassa nos colmos e folhas de até 39%. Já na biomassa seca das bainhas, pode apresentar redução de até 23% (ROSSI *et al.*, 1996).

De acordo com Zagonael *et al.* (2000) componentes como inserção da primeira espiga, número de plantas por área e número de espigas por planta, reduzem conforme o atraso de aplicação de herbicidas, fazendo com que ultrapasse o estágio V2 para realização do manejo. Isso demonstra a importância de um manejo correto e eficaz, realizados na época certa para que as plantas daninhas não ocasionem danos na cultura do milho.

### **3.4 Uso de herbicidas inibidores do fotossistema II e inibidores de carotenóides no manejo de plantas daninhas na cultura do milho**

O herbicida cujo o ingrediente ativo é conhecido como atrazina, pertence ao grupo químico das Triazinas, que faz parte do mecanismo de ação dos inibidores de fotossistema II. A absorção de atrazina pelas plantas daninhas se dá através das folhas, podendo também ser absorvida pelas raízes. Sua translocação é via xilema, sendo facilitada em dias de alta luminosidade após a aplicação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001). Controlam tanto espécie de folha larga quanto estreita. A inibição da fotossíntese ocorre devido a molécula do herbicida bloquear o

transporte de elétrons da quinona QA para Qb, na qual se encontram nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Esses processos leva a formação de clorofila triplete e de radicais livres, que resultam em rompimento de membranas devido a oxidação de proteínas e lipídeos, resultando em desidratação das células e conseqüentemente em clorose e necrose foliar (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Este herbicida é utilizado no milho pois essa espécie cultivada consegue metabolizar a sua molécula (pela conjugação com glutatona nas folhas) fazendo com que ela não chegue no cloroplasto, não provocando danos para a cultura (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Os herbicidas mesotrione e tembotrione pertencem ao grupo químico tricetonas, que faz parte do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese de carotenoides. Estes provocam perda na pigmentação da folha, trazendo uma aparência esbranquiçada, albina. São translocados apenas no xilema, com exceção do Amitrole que não é registrado para o Brasil (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Esses herbicidas apresentam baixa toxicidade aos mamíferos, sua molécula é degradada no solo por microorganismos, hidrólise e fotólise. Seu modo de ação se dá através da inibição da enzima HPPD (4-hidroxifenil- piruvato-dioxigenase), capaz de converter p-hidroximetilpiruvato à homogentisato (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Com a inibição da HPPD, não ocorrerá a síntese de plastoquinona, cofator da enzima fitoeno dessaturase (PDS), responsável pela síntese de carotenoides, resultando em sintomas de branqueamento nas folhas que emergem após a aplicação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Atrazina, é muito utilizado na cultura do milho associado com tembotrione e mesotrione para combater plantas daninhas. Segundo Matte *et al.* (2018), associação de atrazina + mesotrione resultou em excelente controle das espécies *Conyza bonariensis*, *Commelina benghalensis*, *Glycine max*, *Urochloa plantaginea*, *Bidens pilosa* e *Ipomoea grandifolia*. Já, a mistura formulada destes mesmos herbicidas, apresentou controle satisfatório da *Euphorbia heterophylla* e *Digitaria horizontalis*, regular da *Cenchrus echinatus* e ineficaz *Urochloa decumbens* (MATTE *et al.*, 2018). Quando associadas ao herbicida tembotrione, apresentou excelentes controles destas plantas.

A associação de produtos entre atrazina e mesotrione é uma excelente opção para a realização da rotação de princípio ativo, afim de não selecionar plantas daninhas resistentes. Também é uma ótima alternativa para o controle para espécies de daninhas resistentes e tolerantes ao glifosato, como *Commelina bonariensis* e *Commelina benghalensis* respectivamente (MATTE *et al.*, 2018).

Atrazina quando associada ao tembotrione apresentou maior eficiência no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis* e *Bidens pilosa*, não diferenciando significativamente da associação de atrazina (herbicida comercial Primóleo) com mesotrione (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Em relação às associações de tembotrione + atrazina, a eficiência de tembotrione isolado foi inferior apenas para *Bidens pilosa*, porém superior sobre *Digitaria horizontalis* e apresentou mesma eficácia no controle de *Brachiaria plantaginea*, quando comparado as associações (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). A fitotoxicidade a cultura do milho foi maior quando aplicado apenas o tembotrione (até 14 dias após aplicação) (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

### **3.5 Persistência de herbicidas na cultura do milho e relação com o controle de plantas daninhas**

Após a aplicação de herbicidas, independentemente se é incorporado no solo ou aplicado na parte aérea da planta, a rota final desses produtos é o solo. Ao entrar em contato com o solo, os herbicidas podem ser lixiviados, volatizados, ficar retidos aos coloides do solo ou deixar residual para que impeça a germinação de espécies não desejadas na área de cultivo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). É de extrema importância que ao realizar aplicação desses produtos, sejam analisadas condições como solo, clima, cultivar. Realizar o controle químico sem visar esses fatores, acarretará em decréscimo de eficiência da absorção dos produtos pelas plantas. O efeito residual deixado no solo pelo herbicida, pode prejudicar a cultura sucessora, tendo em vista que sua persistência no solo é apenas para o controle de plantas daninhas, e não objetiva atingir a próxima cultura (MANCUSO *et al.*, 2011).

Meia vida é o tempo em que a metade do herbicida é degradado, representando assim a persistência do mesmo no solo (KARAM, 2005). Mas isso

não define a ação eficaz do produto em controle a plantas daninhas. Herbicidas com maiores valores de meia vida, trazem fitotoxicidade para culturas implantadas posteriormente. Atrazina por exemplo, apresenta um tempo de meia vida em torno de 60 dias (KARAM, 2005). Segundo Martinazzo *et al.* (2011), quanto maior for a hidrofobicidade da matéria orgânica, maior será a sorção da atrazina.

Segundo Gatzweiler *et al.* (2012) a redução da dosagem do tembotrione para 12,5 g/ha apresenta redução de eficiência abaixo de 70% em solos argilosos, quando comparado a solos arenosos. Rouchaud *et al.* (2000) afirma que doses de 100 g/ha são suficientes para manterem a eficiência de um bom residual de mesotrione para a cultura do milho, fazendo com que não cause efeitos fitotóxicos para as culturas implantadas em sucessão.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Primeira etapa

O experimento foi conduzido no campo na área experimental da UTFPR-PB, localizada na PR-493 no município de Pato Branco, região sudoeste do Paraná, sob um Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, com 750 g kg<sup>-1</sup> de argila, 1,4 g kg<sup>-1</sup> de areia e 248,6 g kg<sup>-1</sup> de silte (REIS, 2016). Segundo a classificação de Köppen, o clima é tipo Cfa (ALVARES *et al.*, 2013).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições. O experimento apresentou quatro tratamentos, sendo um deles a testemunha (Tabela 1). Os tratamentos consistiram das aplicações dos herbicidas descritos na Tabela 1, com doses correspondentes ao máximo recomendado na bula dos produtos, para o tipo de solo da área experimental.

As unidades experimentais tinham dimensões de 5 m x 2,8 m (7 linhas de semeadura), resultando em uma área de 13,5 m<sup>2</sup>. Foi utilizada cultivar de milho AG 9050PRO3. A densidade de semeadura foi de 60000 sementes ha<sup>-1</sup>. Antes da implantação da cultura do milho, a área apresentava milheto com a finalidade de cobertura do solo. A semeadura do milho foi realizada na safrinha no dia 06/01/2019.

**Tabela 1 – Características químicas e composição textural do Latossolo Vermelho Distrófico em que foi conduzido o experimento na safra 2018/2019. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2019**

Camadas	MO (gdm <sup>-3</sup> )	P (mgdm <sup>-3</sup> )	K (cmoldm <sup>-3</sup> )	Ca (cmoldm <sup>-3</sup> )	Mg (cmoldm <sup>-3</sup> )	H + Al (cmoldm <sup>-3</sup> )
0 - 10 cm	49,59	11,85	0,61	4,0	2,50	4,28
10 - 20 cm	57,63	7,93	0,34	4,1	2,50	4,59

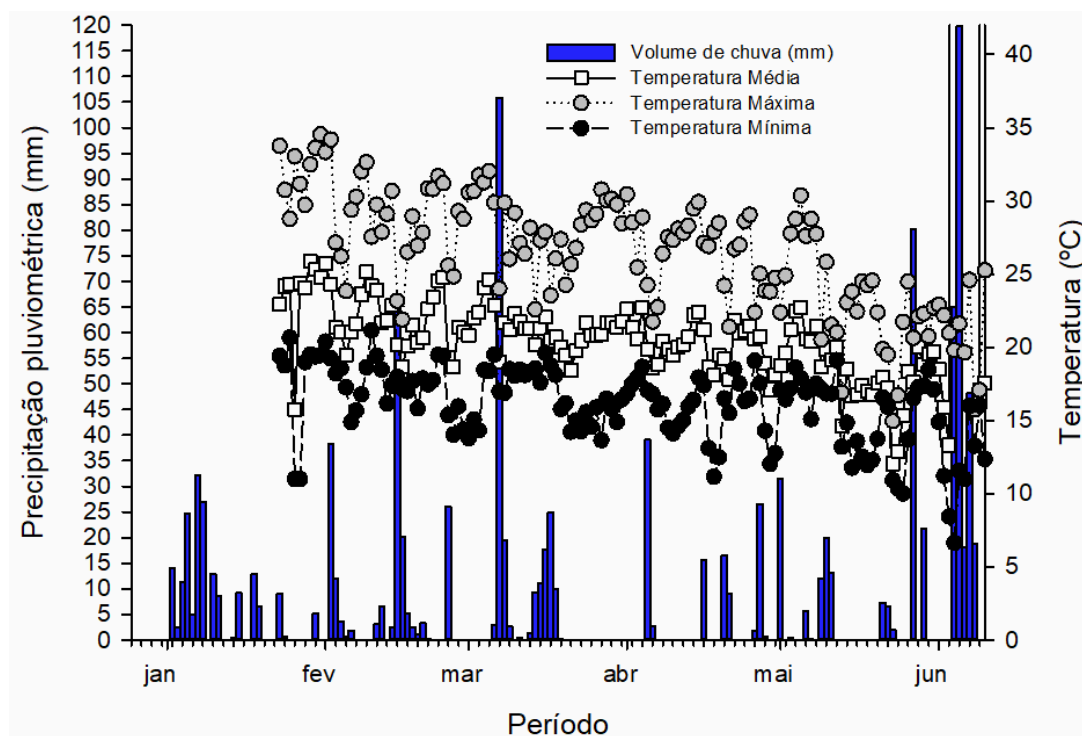
**\*Metodologias: MO realizada via digestão úmida, P e K extraídos com solução de Mehlich<sup>-1</sup> e Al trocável extraído com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>**

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A adubação de base e de cobertura foi realizada de acordo com a análise química do solo da área. A utilização de inseticidas e fungicidas, a fim de combater pragas e doenças, foi realizada de acordo com as necessidades, baseadas em recomendações técnicas para a cultura. Aplicação de herbicida foi realizada com o auxílio de um pulverizador pressurizado com CO<sub>2</sub>, munido de barra com 5 bicos 110

02 jato leque. A calda das aplicações foi extrapolada pra 1ha, resultando em quantidade de 200 L ha<sup>-1</sup>.

**Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média, máxima e mínima (°C) durante o período de condução do experimento no ano de 2019. IAPAR, Pato Branco, 2019**



Fonte: Autoria própria (2020)

**Tabela 2 - Tratamentos avaliados e dosagens, tanto em gramas quanto litros, extrapoladas para um hectare UTFPR, Campus Pato Branco, 2020**

Tratamentos	Doses (i.a. ha <sup>-1</sup> )	Doses (p.c. ha <sup>-1</sup> )	Produtos comerciais
Testemunha	-	-	-
Atrazina + simazina	1750g + 1750g	7L	Primatop®
Mesotrione + atrazina	192g + 2400g	400mL + 6L	Callisto® + Primóleo®
Tembrotrione + atrazina	100,8g + 2400g	240mL + 6L	Soberan® + Primóleo®

Fonte: Autoria própria (2020)

As aplicações de herbicidas foram realizadas em pós-emergência precoce, a partir do momento em que plantas daninhas dicotiledôneas apresentaram entre 4 - 6 folhas e as gramíneas 1 - 2 perfilhos.



**Tabela 3 – Propriedades físico-químicas dos herbicidas. Contendo log Kow relacionado afinidade do herbicida pela água ou pelo óleo; Pka constante ácida do herbicida; Koc constante de adsorção, quão adsorvido o herbicida fica nos colóides da matéria orgânica ou da argila; Mobilidade do herbicida no solo (PUBCHEM, 2021)**

Tratamentos	Log kow	pka	koc	Mobilidade no solo
Testemunha	-	-	-	
Atrazina	2,61	1,6	26-1164	Alta
Simazina	2,18	1,62	78-3559	Alta
Mesotrione	-1,0	3,12	15-390	Moderada
Tembrotione	-1,09	3,2	14	Alta

Fonte: Autoria própria (2021)

Nesta etapa de campo, foram efetuadas as seguintes determinações:

a) Rendimento e componentes do rendimento – Quando o milho estava na maturação de colheita, realizou-se a colheita das espigas de forma manual das três linhas centrais de cada parcela. As espigas foram trilhadas e determinada a umidade dos grãos por meio de equipamento digital. Foi determinada a massa de grãos trilhados. O peso de 400 grãos determinou-se após a contagem de uma amostra de grãos da massa trilhada, após isso foi determinada a produtividade ( $\text{kg/ha}^{-1}$ ).

b) Coleta de amostras de solo - Foram realizadas 5 coletas de amostras de solos em cada unidade experimental à profundidade de 10 cm e em diâmetro de 15 cm, e depositadas em recipientes contendo 300g nos dias 4, 11, 18, 25 e 35 dias após a aplicação dos herbicidas. Essas amostras foram congeladas em freezer para que não ocorresse a degradação das moléculas do herbicida, posteriormente foram levadas para a segunda etapa do experimento, na casa de vegetação.

Os dados foram submetidos ao teste de Tukey através do programa R (RSTUDIO TEAM, 2016) utilizando os pacotes Agricolae, Expdes.pt e Metan (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2019). A análise de variância foi feita pelo teste F a 5% de probabilidade. De acordo com o teste de Shapiro – Wilk a 5% de significância foram demonstradas as interações entre variáveis.

## 4.2 Segunda etapa

Após o término das coletas de solo, os potes contendo as amostras de solo que estavam congeladas foram levadas para a casa de vegetação. Logo em seguida, em cada pote foram semeadas as seguintes espécies: guanxuma, leiteiro e

picão-preto, em densidades que foram estabelecidas conforme teste prévio de germinação das distintas espécies.

As determinações efetuadas foram:

a) Densidade de plantas daninhas: realizado o monitoramento da emergência das plantas daninhas em intervalos 13, 20 e 27 dias após a semeadura.

b) Altura de plantas daninhas: foi determinado aos 13, 20 e 27 dias após a semeadura.

c) Matéria verde das plantas daninhas: após 27 dias, as plantas foram cortadas rente ao solo e pesadas (matéria verde).

Os dados foram submetidos ao teste de Tukey através do programa R (RSTUDIO TEAM, 2016) utilizando os pacotes *Agricolae*, *Expdes.pt* e *Metan* (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2019). A análise de variância foi feita pelo teste F a 5% de probabilidade. De acordo com o teste de Shapiro – Wilk a 5% de significância foram demonstradas as interações entre variáveis.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Resultados do experimento de campo

Apenas a componente de rendimento massa de mil grãos demonstrou significância. Os tratamentos tembotrione + atrazina e atrazina + simazina não diferiram estatisticamente e apresentaram maiores massa de mil grãos, 365,35 g e 363,5 g respectivamente (Figura 2). A combinação mesotrione + atrazina apresentou massa de mil grãos 360,1 g, diferindo estatisticamente das demais combinações de herbicidas. A testemunha diferiu estatisticamente das demais, apresentando massa de mil grãos inferior de 341,75 g. Não houve diferença significativa para os demais componentes como, número de espigas por planta nem número de grãos por espiga.

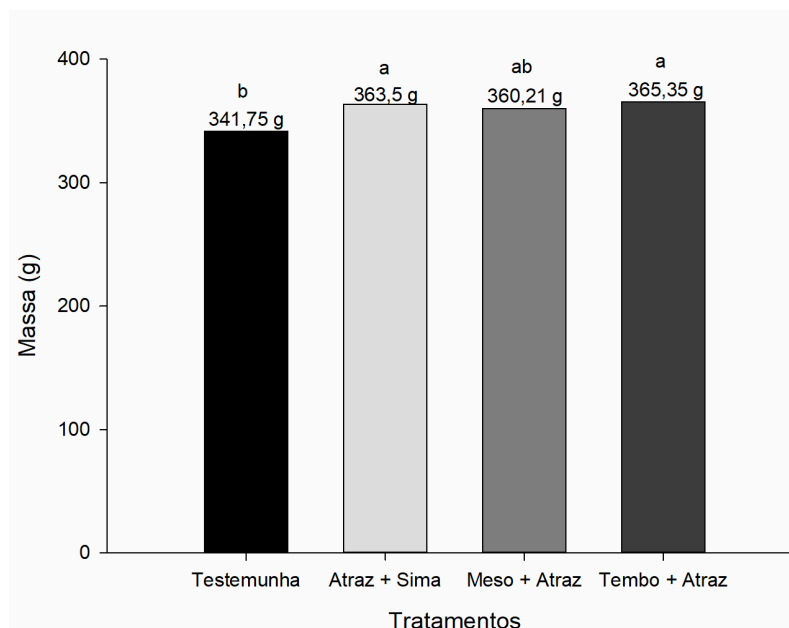
Em relação a produtividade não houve diferença significativa entre os tratamentos. Isso provavelmente ocorreu devido a chuva de granizo que ocorreu quando o milho estava no estágio reprodutivo R1. Assim houve grande variabilidade dentro dos tratamentos originada por esta intempérie climática. A chuva de granizo fez com que houvesse nivelamento da produtividade para baixo, em função de redução substancial de fotoassimilados, em função da reduzida área foliar das plantas durante o período de enchimento de grãos, considerando-se que após o florescimento as plantas de milho não possuem capacidade de regeneração dos tecidos foliares. Embora sem diferença estatística, ao analisar em escala numérica, a média da produtividade dos tratamentos com as associações de herbicidas ficou em torno de 10145 kg/ha<sup>-1</sup>, 1981 kg/ha<sup>-1</sup> a mais quando comparado a testemunha que contatou uma produtividade de 8164 kg/ha<sup>-1</sup> (Figura 3).

**Tabela 4 – Análise de variância para caracteres massa de mil grãos e rendimento de grãos**

FV	GL	Quadrados médios	
		Massa de mil grãos	Rendimento de grãos
Tratamentos	3	353,40**	0,28
Bloco	4	48,26	0,74**
Resíduo	12	75,78	1,21
CV(%)		2,43	15,12

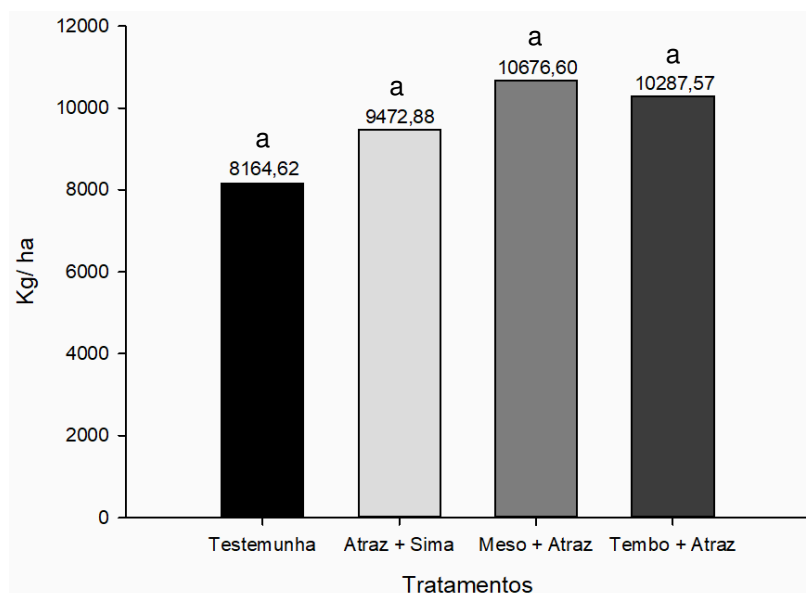
\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Autoria própria (2020)

**Figura 2 – Massa de mil grãos na cultura do milho (g) dentro de cada tratamento**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Fonte: Autoria própria (2020)

**Figura 3 – Rendimento de grãos da cultura do milho (kg/ha) dentro de cada tratamento**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Fonte: Autoria própria (2020)

## 5.2 Resultados dos experimentos em casa de vegetação

### 5.2.1 Guanxuma

A análise estatística para a altura de plantas de guanxuma aos 13, 20 e 27 dias após semeadura e para a massa verde de plantas aos 27 DAS demonstrou interação entre herbicidas e épocas de aplicação.

**Tabela 5 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde**

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura 13 dias	Altura 20 dias	Altura 27 dias	Massa verde
Tratamentos	3	0,05	0,25	0,95	0,95
Época	4	0,30	1,60	2,13	2,13
Trat x Época	12	0,24**	1,67**	2,44**	2,44**
Resíduo	60	0,05	0,21	0,36	0,36
CV(%)		22,67	23,52	23,18	23,18

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

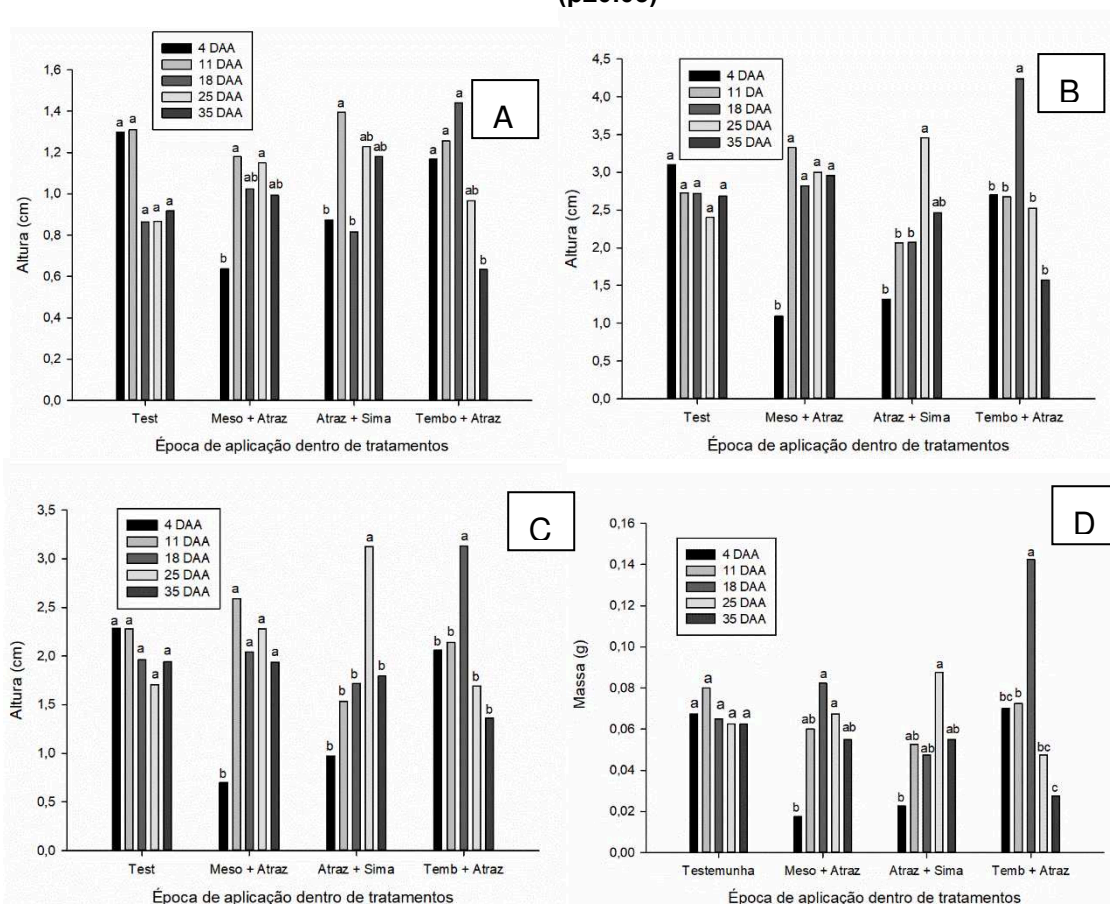
Fonte: Autoria própria (2020)

Na Figura 4A são apresentados os resultados referentes à altura de plantas de guanxuma determinada aos 13 dias após semeadura. Não foi observada diferença significativa entre as épocas de coleta do solo dentro da testemunha sem herbicidas. Para o tratamento com mesotrione + atrazina a coleta do solo realizada aos 4 dias após aplicação dos herbicidas redução da altura de plantas em mais de 35%, em relação as demais épocas. As demais épocas para a mesma associação de herbicidas apresentaram comportamento similar.

Para o tratamento atrazina + simazina a maior redução da altura das plantas foi observada nas coletas realizadas aos 4 e 18 DAA (Figura 1A), as quais impactaram em mais de 30% em relação as demais épocas de coleta. A combinação dos herbicidas tembotrione + atrazina demonstrou maior redução da altura de plantas na coleta de solo foi realizada aos 35 DAA, sendo de mais de 35% em relação as demais épocas de coleta.

Os resultados de altura de plantas aos 20 DAA encontram-se na Figura 4B. Na testemunha não foi observada diferença entre épocas de coleta de solo. Para a combinação dos herbicidas mesotrione + atrazina na coleta realizada aos 4 DAA foi observada a maior redução em relação as demais épocas de coleta, sendo de aproximadamente 65%.

**Figura 4 – Altura de plantas (cm) de guaxuma aos 13 (a), 20 (b), e 27 (c) dias após a semeadura e massa verde (d) no experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ )**



**Letras minúsculas comparam épocas de coleta de solo com associação de herbicida, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )**

**Fonte: Autoria própria (2020)**

As demais épocas não diferiram entre si, demonstrando valores de altura similares, entre 1,93 a 2,56 cm. Para a combinação entre os herbicidas atrazina + simazina as épocas de coleta em que foram observadas maior redução de altura foram aos 4, 11, 18 e 35 DAA. A altura das amostras coletadas 25 DAA superou as demais em cerca de 43%. Para os herbicidas tembotrione + atrazina o maior impacto negativo sobre as alturas de guaxuma ocorreu nos intervalos de 11, 25 e 35 DAA, que não diferiram entre si. Apenas a época 18 DAA diferiu das demais, superando-as em aproximadamente 30% destacando-se como o período com o pior controle deste tratamento

A altura aos 27 dias após semeadura de guaxuma apresentou resultados similares à altura aos 20 DAA. Não se observou diferença significativa entre épocas de coleta de solo na testemunha (Figura 4C). A associação entre mesotrione + atrazina apresentou maior redução de altura de plantas aos 4 DAA, atingindo mais de 70% de redução quando comparado com as demais épocas, que não diferiram entre si. A combinação atrazina + simazina aos 4, 11 e 18 DAA tiveram maiores reduções comparativamente aos 25 e 35 DAA, implicando assim em pelo menos 15% de restrição de altura. Para os herbicidas tembotrione + atrazina aos 35 DAS foi a maior redução da altura, seguido por 25, 11 e 4 DAA. No intervalo aplicação-coleta de 18 DAA a altura de guaxuma superou os demais intervalos entre aplicação e semeadura em 36%.

Na figura 4D são demonstrados os resultados de avaliação para massa verde. Não houve diferença significativa entre as épocas de coleta na testemunha sem aplicação de herbicidas. Para os herbicidas mesotrione + atrazina a maior redução de massa foi observada aos 4 DAA, superando em aproximadamente 65 % as demais épocas coletas de solo. As épocas de 11, 18 e 25 DAA apresentaram comportamento similar. Para os herbicidas atrazina + simazina, a maior redução de massa foi aos 4 DAA, ao menos 45 % em relação as demais épocas, mas também foi observada tendência de redução nos períodos de 11, 18 e 35 DAA. A combinação de tembotrione + atrazina a melhor resposta foi aos 35 DAA sendo ao menos 50% mais eficaz que os demais intervalos após a aplicação.

Portanto, os dados de matéria verde na parte aérea corroboraram os de altura de planta. Considerando as três determinações de altura e de matéria verde de guaxuma, é possível concluir que o tratamento contendo a associação de atrazina + simazina se destacou pela maior efetividade por um período longo, após aplicação, o que sinaliza elevada persistência sobre essa espécie daninha, porém com maior efetividade em período curto após a aplicação. A associação de tembotrione + atrazina se destacou pela redução da altura e matéria verde sobretudo nos períodos mais longos após a aplicação (25 e 35 DAA), enquanto o tratamento com mesotrione + atrazina apenas em período curto após aplicação (4 DAA).

## 5.2.2 Leiteiro

Na análise estatística para a altura (cm) aos 13, 20 e 27 DAS de leiteiro e massa da parte aérea verde aos 27 DAS foi observada significância da interação entre os fatores herbicidas e épocas de aplicação.

**Tabela 6 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde**

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura 13 dias	Altura 20 dias	Altura 27 dias	Massa verde
Tratamentos	3	0,05	0,25	0,95	0,001
Época	4	0,30	1,60	2,13	0,003
Trat x Época	12	0,24**	1,67**	2,44**	0,002**
Resíduo	60	0,05	0,21	0,36	0,0004
CV(%)		22,67	23,52	23,18	35,29

\*\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

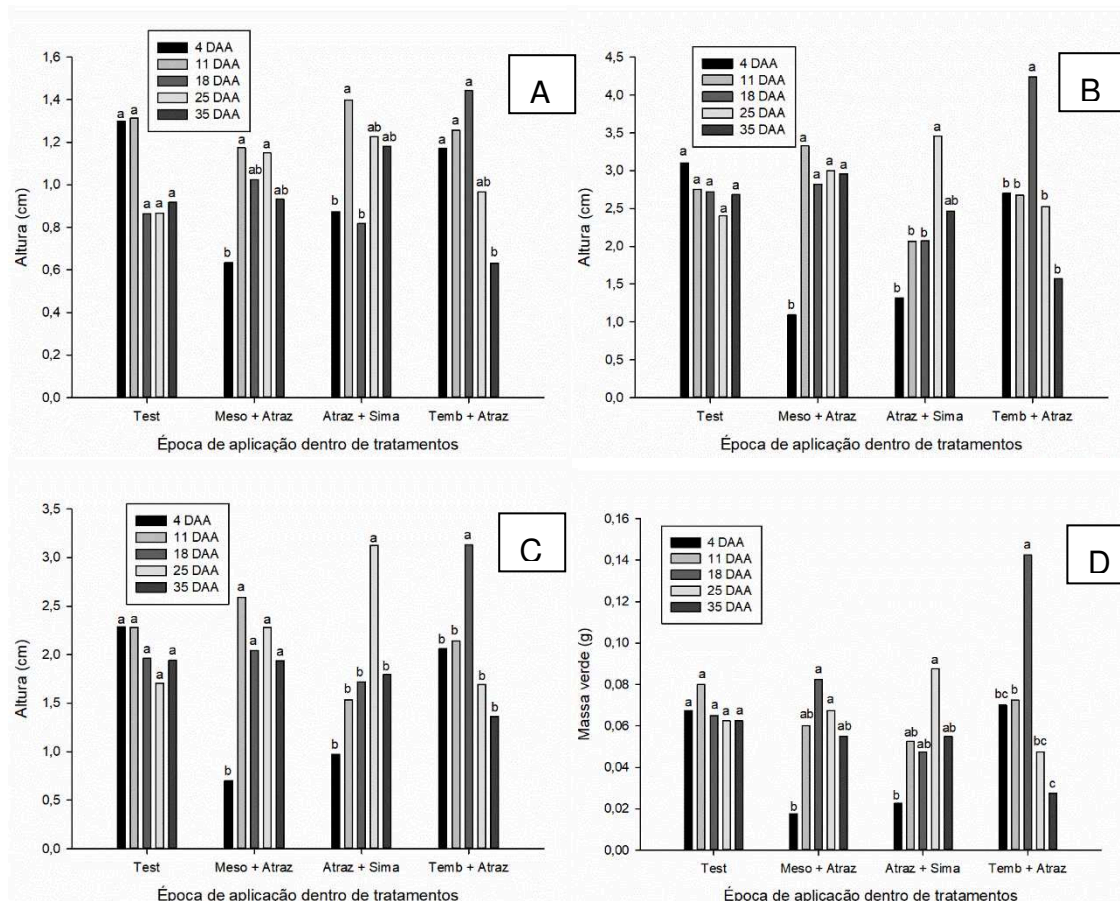
Fonte: Autorial própria (2020)

Na Figura 5A são apresentados os resultados referentes à altura de plantas de leiteiro aos 13 dias após semeadura. Não houve diferença significativa entre épocas de coleta do solo para o tratamento sem herbicida. A combinação de mesotrione + atrazina provocou maior redução da altura de plantas na coleta realizada aos 4 DAA, sendo mais de 30% em comparação a outras épocas, em que não houve diferenças entre si. Para o tratamento de atrazina + simazina os controles mais eficientes foram aos 4 e 18 DAA, sendo ao menos 26% mais eficiente que as demais épocas. Para a associação tembotrione + atrazina houve maior redução aos 35 DAA, aproximadamente 35% a menos quando comparada aos intervalos de 4, 11, 18 e 25 DAA.

Ao analisar a Figura 5C a testemunha das diferentes épocas de coleta de solo, não demonstraram diferença entre si. Para a combinação mesotrione + atrazina, a época 4 DAA diferiu das demais, alcançando redução de pelo menos 61% quando comparado as demais épocas que demonstraram comportamento semelhante entre si. Já a associação atrazina + simazina provocou maiores reduções de altura de leiteiro aos 4, 11, 18 DAA atingindo pelo menos 15% de eficácia quando comparado as 25 e 35 DAA. Na combinação de herbicidas tembotrione + atrazina a maior redução de altura ocorreu no intervalo de 35 DAA, embora não tenha diferido de 4, 11 e 25 DAA. Todos esses intervalos, no entanto, diferiram da altura aos 18 DAA, que foi em média 36% menos eficaz.



**Figura 5 - Altura de plantas (cm) de leiteiro aos 13 (a), 20 (b) e 27 (c) DAS e massa verde (d) aos 27 DAS no experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ )**



**Letras minúsculas comparam épocas de coleta de solo com associação de herbicida, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )**

**Fonte: Autoria própria (2020)**

Na avaliação da massa verde do leiteiro (Figura 5D), a testemunha sem herbicida não demonstrou diferença significativa entre as épocas de coleta de solo. O tratamento mesotrione + atrazina, aos 4 DAA, apresentou menor massa da parte aérea verde com mais de 69 % de eficácia em relação aos outros tratamentos, que não diferiram entre si. A associação entre atrazina + simazina aos 4 DAA provocou a maior redução da matéria verde da parte aérea, sendo pelo menos 50 % mais eficiente que as outras épocas. A combinação de tembotrine + atrazina, resultou em redução superior da matéria verde aos 35 DAA, mais de 42 % em relação aos intervalos de 4 e 11 DAA, que não diferiram entre si.

Portanto, os dados de matéria verde da parte aérea corroboraram com os de altura em plantas de leiteiro. Considerando as três determinações de altura e de matéria verde de leiteiro, é possível concluir que o tratamento contendo a associação de mesotrione + atrazina se destacou pela maior efetividade sobretudo no intervalo mais curto após aplicação, aos 4 DAA. O tratamento contendo atrazina + simazina foi mais efetivo no intervalo de 4 DAA, porém se estendendo a 11 e 18 DAA, o que sinaliza maior persistência sobre essa espécie daninha. A associação de tembotrione + atrazina se destacou pela redução da altura e matéria verde sobretudo no período mais longo após aplicação (35 DAA).

### 5.2.3 Picão-preto

Na análise estatística para a altura (cm) aos 13, 20 e 27 DAS de picão-preto e massa da parte aérea verde aos 27 DAS foi observada significância da interação entre os fatores herbicidas e épocas de aplicação.

**Tabela 7 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde**

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura 13 dias	Altura 20 dias	Altura 27 dias	Massa verde
Tratamentos	3	1,04	9,14	17,94	0,08
Época	4	1,92	8,10	11,50	0,03
Trat x Época	12	3,71**	4,92**	6,00**	0,02**
Resíduo	60	1,21	2,34	2,51	0,007
CV(%)		27,15	24,61	21,54	30,49

\*\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 6A demonstra os resultados de altura de planta. Não houve diferença significativa entre épocas de coleta de solo para os tratamentos testemunha e mesotrione + atrazina. Para a combinação atrazina + simazina foi observado que aos 4 dias de coleta de solo após aplicação do herbicida teve melhor controle, em pelo menos 24 % mais eficiente que as demais épocas. Para os herbicidas tembotrione + atrazina também não houve diferença significativa entre as épocas de coleta.

Ao analisar a Figura 6B, a combinação mesotrione + atrazina não diferiu estatisticamente entre si. A associação atrazina + simazina demonstrou assim como as demais épocas de avaliação de altura, controle inicial mais eficiente quando

comparado as demais épocas de coleta. Já o tembotrione + atrazina houve um comportamento diferente quando analisado com as outras plantas daninhas bioindicadoras. O controle inicial desta associação foi mais eficaz quando comparado as demais épocas de coleta.

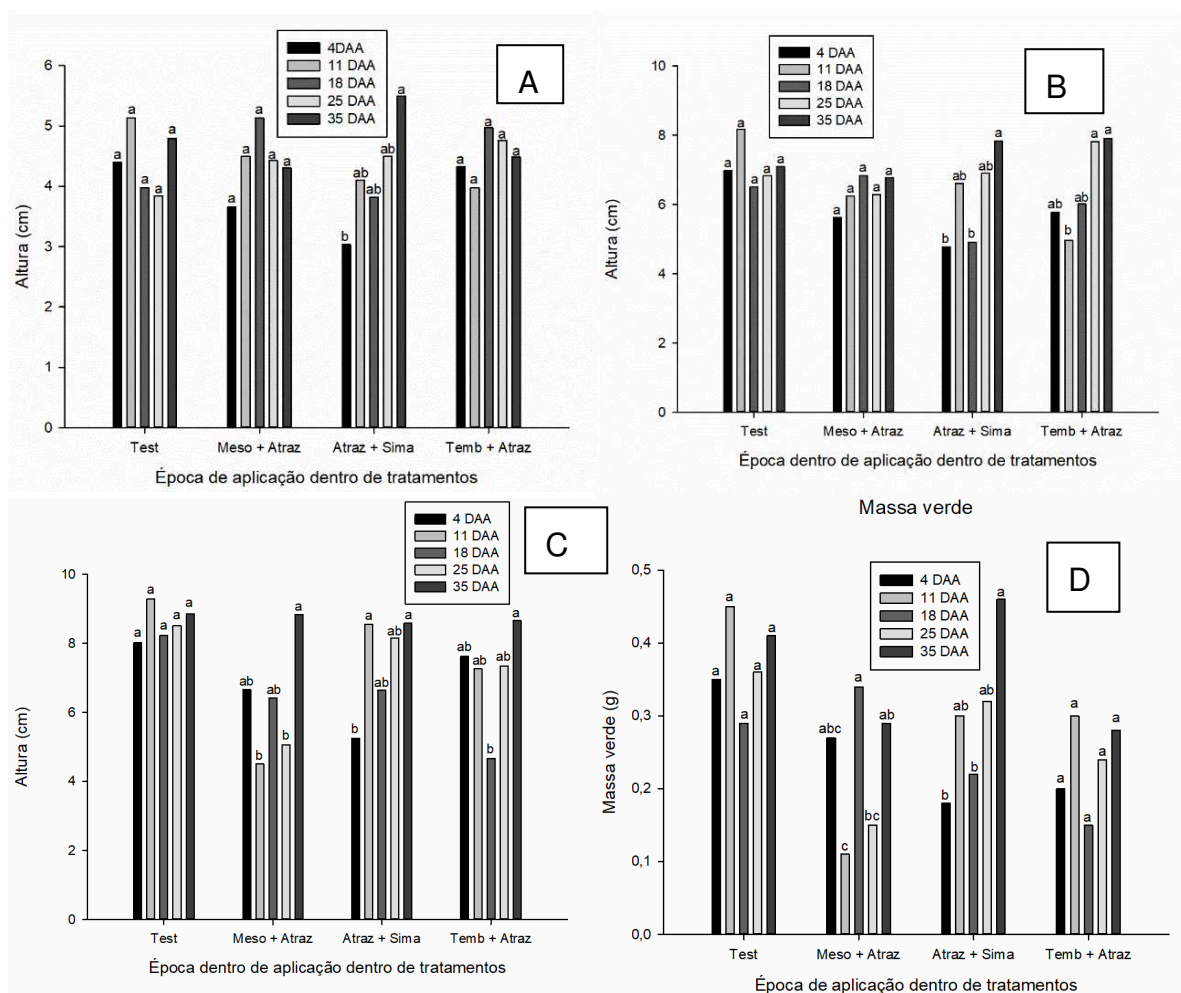
Na avaliação de altura aos 27 dias após semeadura, figura 6C, demonstraram um equilíbrio maior entre os três tratamentos com associações de herbicidas, pois não se percebe efeito superior de tembotrione + atrazina sobre épocas tardias de coleta de solo. Esse efeito se destaca, pois não segue o mesmo comportamento das outras espécies daninhas utilizadas como bioindicadoras. Essas diferenças entre as espécies bioindicadoras podem ser explicadas pela diferença de sensibilidade aos distintos herbicidas que elas apresentam. Também em relação as distintas vias de absorção dos herbicidas e possivelmente a capacidade de explorar camadas de solo distinta entre elas.

Os dados de matéria verde da parte aérea, figura 6D, tanto para a combinação mesotrione + atrazina quanto para atrazina + simazina, demonstrou controle inicial melhor quando comparado as demais épocas de coleta de solo. A associação tembotrione + atrazina não diferiu estatisticamente para controle de matéria verde da parte aérea.

Ao analisar as plantas daninhas de guanxuma e leiteiro percebe-se comportamento similar na resposta das variáveis altura e massa verde em resposta aos tratamentos de herbicidas e intervalos de aplicação-coleta de amostras. A combinação de mesotrione + atrazina assim como de atrazina + simazina demonstraram níveis de controle destas plantas daninhas superiores em intervalos curtos após aplicação, quando comparados as demais épocas de coleta. O tratamento tembotrione + atrazina teve melhor controle em intervalos mais tardios após a aplicação para estas plantas daninhas. Já para o picão-preto, as três combinações de herbicida demonstraram níveis de controle mais eficaz nas primeiras épocas de coleta. E para esta planta daninha o tratamento de tembotrione + atrazina e atrazina + simazina foi mais eficiente que quando comparado a combinação mesotrione + atrazina.

O herbicida tembotrione tem suas propriedades químicas afetadas de acordo com a característica do solo. Solos com elevados níveis de matéria orgânica e altos teores de argila interferem na sorção do produto (FARIA, *et al.*, 2019).

**Figura 6 – Altura de plantas (cm) de picão-preto aos 13 (a), 20 (b) e 27 (c) (d) DAS no experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ )**



**Letras minúsculas comparam épocas de coleta de solo com associação de herbicida, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )**

**Fonte: Autoria própria (2020)**

O potencial de lixiviação do composto está ligado diretamente à capacidade de sorção do herbicida, haverá maior lixiviação do composto quando o herbicida proporcionar menor sorção. (FARIA, 2016). O tembotrione demonstrou maior demora para exercer ação nas plantas de guanxuma e leiteiro, mas produziu melhores níveis de controle inicial do picão-preto.

Uma possível explicação para que isso ocorra é a influência da sensibilidade diferencial das espécies, aliadas à sua capacidade de mobilização no solo. Inicialmente o reduzido efeito de tembotrione nos estádios iniciais poderia estar

associado a características biológicas diferenciais entre as distintas espécies daninhas. Assim supondo-se que haja elevada lixiviação deste herbicida no perfil do solo contido nos vasos, onde foram sendo efetuados os bioensaios, os efeitos do mesmo só poderiam ser percebidos após o sistema radicular atingir o fundo dos vasos. Como o sistema radicular do picão-preto se expande mais rapidamente quando comparado a guaxuma e leiteiro, isso pode ter contribuído para que atingisse o fundo do recipiente mais rapidamente que as demais espécies, demonstrando sintomas mais rápidos desse herbicida no picão-preto, em comparação às outras espécies daninhas.

Segundo o estudo realizado por Martinazzo et. al (2011) o herbicida mesotrione é favorecido quando o solo apresenta elevados teores de carbono e baixos pH. O principal colaborador para influenciar na sua sorção é a fração mineral do solo. Já para o herbicida atrazina a sorção é afetada principalmente em solos com elevados índices de matéria orgânica (MARTINAZZO et. al, 2011). A análise de solo realizada no local do estudo implantado informou que para camadas de solo entre 0 a 10 cm os valores médios de matéria orgânica foram de  $49,59 \text{ gdm}^{-3}$  e de pH 5,2. Já para as camadas entre 10 a 20 cm, o valor para matéria orgânica foi considerado elevado, de  $57,63 \text{ gdm}^{-3}$ , e médio para pH, de 5,1.

É possível que os herbicidas mesotrione + atrazina e atrazina + simazina, os quais tiveram controle inicial superior das espécies guaxuma e leiteiro, comparativamente ao tembotrione, podem ter sido favorecidos pelos teores elevados de matéria orgânica no solo, que contribuíram para sua maior retenção superfície do solo, não sendo lixiviado. Segundo Morán *et al.* (2006) a persistência no solo da simazina é em torno de 60 dias, sendo assim maior que do mesotrione, que é estimada em 34 dias (Chaabane *et al.*, 2008) o que contribuiu a combinação atrazina + simazina obtiveram maior controle ao longo do tempo quando comparado a combinação mesotrione + atrazina. Os elevados índices de matéria orgânica fizeram com que atrazina + simazina tivessem resultados de controle satisfatórios a curto e médio prazo.

Outro fator que pode ter contribuído para a combinação de herbicidas mesotrione + atrazina e atrazina + simazina para um controle inicial mais eficiente quando comparado a associação de tembotrione + atrazina seria a afinidade por camadas cerosas com a cobertura morta do experimento. DONIZETI et. al (1998) afirmou que o herbicida atrazina lixiviou da palhada para o solo após irrigação de 20

mm. O coeficiente de participação octanol-água (Kow) indica o quão grande é a afinidade do herbicida com camadas apolares, quanto maior o kow mais tempo o herbicida terá de residual no solo (MANCUSO, MAURÍCIO et. al, 2011).

A pH 7, valor de referência, o herbicida tembotrione apresenta log P de -1,09, quando elevado a base 10 encontramos um kow de 0,081 (PUBCHEM 2021). Enquanto o log P do mesotrione é >-1, quando elevado a base 10 encontramos o kow de 0,1 (PUBCHEM 2021), esse resultado é incerto pois não sabemos o valor que seria referente menor que 0,1. Assim há dificuldades para comparar os valores de kow entre mesotrione e tembotrione. Além disso o kow varia de acordo com o pH em que ele está sendo medido, onde não foram encontrados cálculos de kow do tembotrione e mesotrione com o mesmo valor de pH. Isso dificulta a comparação dos valores de kow dos dois herbicidas.

## 6 CONCLUSÃO

Na etapa de campo, os rendimentos de grãos de milho proporcionado pelos tratamentos com as associações dos herbicidas mesotrione+atrazina, atrazina+simazina e tembotrione+atrazina não diferiram entre si, embora a média desses tratamentos tenha superado o rendimento de grãos da testemunha em  $1981 \text{ kg ha}^{-1}$  o que equivale a 33 sacos de milho por ha.

No estudo biológico efetuado em casa de vegetação os efeitos depreciativos da altura e matéria verde das plantas de guanxuma e leiteiro ocorreram em intervalos mais curtos após a aplicação dos tratamentos contendo mesotrione+atrazina, e atrazina+simazina. A combinação tembotrione+atrazina apresentou efeito fitotóxico mais tardio sobre estas espécies daninhas.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BRIGHENTI, A. M. Manual de identificação e manejo de plantas daninhas em cultivos de cana-de-açúcar. - Portal Embrapa. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/875060/manual-de-identificacao-e-manejo-de-plantas-daninhas-em-cultivos-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 33–40, jan. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000100005>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S.; PINTO, N. F. de A. Doenças na cultura do milho. 2006.
- CHAABANE, H.; *et al.* Behaviour of sulcotrione and mesotrione in two soils. **Pest Management Science**, v. 64, n. 1, p. 86–93, 2008. <https://doi.org/10.1002/ps.1456>.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2018/19. 2019.
- CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos. - Portal Embrapa. 1999. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/482101/manejo-das-pragas-iniciais-de-milho-mediante-o-tratamento-de-sementes-com-inseticidas-sistemicos>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- DE OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Biologia e manejo de plantas daninhas. **Curitiba, Brasil: Omnipax**, 2011.
- EMBRAPA. Questions and Answers. [s. d.]. **Weeds**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/tema-plantas-daninhas/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- FARIA, A. T.; *et al.* Sorption and Desorption of Tembotrione and its Metabolite AE 1417268 in Soils with Different Attributes. **Planta Daninha**, v. 37, 17 out. 2019. DOI [10.1590/S0100-83582019370100096](https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100096). Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pd/a/FYzPCfzQGx49w7r9ryYgFHx/?lang=en>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- FARIA, Autieres Teixeira. Sorção, dessorção, meia-vida e lixiviação do tembotrione em solos com diferentes atributos. 22 fev. 2016. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/8566>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: experimental designs package R version 12.0. 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/>. Acesso em: 19 nov. 2021.



FORNAROLLI, D. A.; *et al.* Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. **Planta Daninha**, v. 16, p. 97–107, dez. 1998.

<https://doi.org/10.1590/S0100-83581998000200003>. Acesso em: 9 nov. 2021.

FRANS, R.; *et al.* Experimental Design and Techniques for measuring and Analyzing Plant Responses to Weed Control Practices. **Southern Weed Science Society, Research methods in Weed Science**. 3. ed. Champaign: Camper, N D, 1986. p. 29–46.

GATZWEILER, E.; *et al.* Weed spectrum and selectivity of tembotrione under varying environmental conditions. 2012. **25th German Conference on Weed Biology and Weed Control, Braunschweig, Germany** [...]. [S. l.: s. n.], 2012. p. 13–15.

GRAZZIERO, D. L. P.; *et al.* **As plantas daninhas e a semeadura direta**. 33. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/459633/as-plantas-daninhas-e-a-semeadura-direta>. Acesso em: 9 nov. 2021.

IBGE. Em julho, IBGE prevê alta de 5,8% na safra de 2019. 2019. **Agencia IBGE notícias**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25160-em-julho-ibge-preve-alta-de-5-8-na-safra-de-2019>. Acesso em: 9 nov. 2021.

KARAM, D. Efeito residual dos herbicidas aplicados na cultura da soja no milho safrinha em sucessão. *In*: VIII SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 2005. **VIII seminário Nacional de Milho Safrinha** [...]. Sete Lagoas: Embrapa, 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/490665/efeito-residual-dos-herbicidas-aplicados-na-cultura-da-soja-no-milho-safrinha-em-sucessao>. Acesso em: 9 nov. 2021.

KARAM, Décio. Características do Herbicida Mesotrione na Cultura do Milho. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/488677/caracteristicas-do-herbicida-mesotrione-na-cultura-do-milho>.

KARAM, Décio; *et al.* Cultivo do milho. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27041/1/Plantas-daninhas.pdf>.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, p. 365–372, 2002.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; *et al.* Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, v. 21, p. 413–419, dez. 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582003000300009>. Acesso em: 9 nov. 2021.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151–164, 10 ago. 2011a. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i2.106>. Acesso em: 9 nov. 2021.

MARTINAZZO, R.; *et al.* Sorption of atrazine and mesotrione in oxisols and estimation of contamination potential. **Química Nova**, v. 34, p. 1378–1384, 1 dez. 2010. .

MARTINAZZO, R.; *et al.* Sorção de atrazina e de mesotriona em latossolos e estimativa do potencial de contaminação. **Química Nova**, v. 34, p. 1378–1384, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000800015>. Acesso em: 9 nov. 2021.

MATTE, W. D.; *et al.* Eficácia de [atrazine + mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 587–15), 13 jul. 2018. <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i2.587>. Acesso em: 9 nov. 2021.

MILANEZ, A. Y.; *et al.* A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar : avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. jun. 2014. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2496>. Acesso em: 9 nov. 2021.

MORÁN, A. C.; *et al.* Simazine treatment history determines a significant herbicide degradation potential in soils that is not improved by bioaugmentation with *Pseudomonas* sp. ADP. **Journal of Applied Microbiology**, v. 101, n. 1, p. 26–35, jul. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02990.x>. Acesso em: 9 nov. 2021.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax Editora, 2011. Disponível em: [http://omnipax.com.br/site/?page\\_id=108](http://omnipax.com.br/site/?page_id=108). Acesso em: 9 nov. 2021.

PERREIRA, K. A.; *et al.* Parâmetros na utilização de silagem de grão úmido de milho na bovinocultura de corte. **Revista colombiana de ciencia animal**, v. 11, p. 102–113, 2019. .

PUBCHEM. Mesotrione. 2021. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/175967>. Acesso em: 9 nov. 2021.

REIS, E. A. Caracterização química de solo submetido a inversão de adubação nitrogenada e potássica. 2 dez. 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/7528>. Acesso em: 9 nov. 2021.

ROSSI, I. H.; *et al.* Interferência das plantas daninhas sobre algumas características agrônômicas e a produtividade de sete cultivares de milho. **Planta Daninha**, v. 14, p. 134–148, 1996. <https://doi.org/10.1590/S0100-83581996000200007>. Acesso em: 9 nov. 2021.

ROUCHAUD, J.; *et al.* Dissipation of the triketone mesotrione herbicide in the soil of corn crops grown on different soil types. **Toxicological & Environmental Chemistry**, v. 77, n. 1–2, p. 31–40, 1 set. 2000. <https://doi.org/10.1080/02772240009358936>.

RSTUDIO TEAM. RStudio: integrated development for R. 2016. RStudio. Disponível em: <https://rstudio.com/>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SOUZA, E. D. F. C. D.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 03, 2006. DOI [10.18512/1980-6477/rbms.v5n03p%0p](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n03p%0p). Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/201>. Acesso em: 9 nov. 2021. Acesso em: 9 nov. 2021.

TREZZI, M. M.; *et al.* Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura. **Planta Daninha**, v. 26, p. 845–853, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000400016>. Acesso em: 9 nov. 2021.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Controle de plantas daninhas e seletividade do herbicida tembotrione na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 6, n. 2, p. 42–49, 10 ago. 2007. <https://doi.org/10.7824/rbh.v6i2.56>. Acesso em: 9 nov. 2021.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 18, p. 143–150, 2000.