

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MARLON CANDIDO MOSCHEN**

**PERSISTÊNCIA E NÍVEIS DE CONTROLE DE ESPÉCIES DANINHAS  
COM APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM DOSE REDUZIDA NA  
CULTURA DO MILHO**

**PATO BRANCO**

**2022**

**MARLON CANDIDO MOSCHEN**

**PERSISTÊNCIA E NÍVEIS DE CONTROLE DE ESPÉCIES DANINHAS  
COM APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM DOSE REDUZIDA NA  
CULTURA DO MILHO**

**Persistence and levels of weed species control with reduced dose  
herbicides application in corn culture**

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

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

**PATO BRANCO**

**2022**



[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.

**MARLON CANDIDO MOSCHEN**

**PERSISTÊNCIA E NÍVEIS DE CONTROLE DE ESPÉCIES DANINHAS  
COM APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM DOSE REDUZIDA NA  
CULTURA DO MILHO**

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

Data de aprovação: 13/junho/2022

---

Michelangelo Muzell Trezzi  
Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco

---

Gilberto Santos Andrade  
Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco

---

Paulo Henrique de Oliveira  
Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco

**PATO BRANCO**

**2022**

## RESUMO

Com a população mundial crescendo a cada ano, a necessidade de produzir cada vez mais alimentos pressiona o setor agrícola a desenvolver melhorias no manejo das culturas. A cultura do milho assume importância muito grande nesse cenário, pois apresenta múltipla utilização na alimentação humana e também de animais. O manejo de plantas daninhas utilizado atualmente por agricultores, consiste principalmente da utilização de técnicas culturais e do controle químico. O presente trabalho objetivou avaliar os níveis de controle e o efeito residual sobre plantas daninhas após o uso de metade da dose recomendada de associações de herbicidas na cultura do milho. O experimento foi dividido em duas etapas, a primeira desenvolvida a campo e a segunda em casa de vegetação. A campo foram aplicadas a metade da dose recomendada na bula de cada produto. As combinações entre herbicidas foram: mesotrione + atrazina, simazina + atrazina e tembotrione + atrazina. Após a aplicação foram coletadas amostras de solos em intervalos de 4, 11, 18, 25 e 35 dias após a aplicação. Na segunda etapa, com as amostras foram feitos bioensaios e semeadas as espécies *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Amaranthus* spp. (uma para cada unidade experimental). Os parâmetros de avaliação foram altura de planta aos 13 e 20 dias após a semeadura (DAS) e aos 27 DAS altura de planta e massa verde. A eficiência de controle e a persistência das associações de herbicidas foi influenciada tanto pela espécie daninha alvo quanto pela variável utilizada. Para a espécie *Euphorbia heterophylla* houve maior efeito inibitório dos herbicidas aos 4 DAA, destacando-se associação de mesotrione+atrazina. Para a espécie *Bidens pilosa* foi detectado efeito inibitório de todos os herbicidas em intervalos até aproximadamente 18 dias de amostragem e destaque pela maior persistência de atrazina+simazina. Para a espécie *Amaranthus* spp. todos os tratamentos herbicidas se destacaram pelo maior efeito inibitório aos 4 DAA, porém a combinação de simazina + atrazina se destacou pelo controle até períodos mais longos.

**Palavras-chave:** persistência; herbicidas; mecanismo de ação; milho.

## ABSTRACT

SWith the world population growing every year, the need to produce more and more food pressures the agricultural sector to develop improvements in crop management. The corn crop assumes great importance in this scenario, as it has multiple uses in human and animal food. The weed management currently used by farmers consists mainly of the use of cultural techniques and chemical control. The present work aimed to evaluate the levels of control and the residual effect on weeds after the use of half the recommended dose of herbicide associations in corn. The experiment was divided into two stages, the first developed in the field and the second in a greenhouse. In the field, half of the dose recommended in the package insert of each product was applied. Herbicide combinations were: Mesotrione + Atrazine, Simazine + Atrazine and Tembotrione + Atrazine. After application, soil samples were collected at intervals of 4, 11, 18, 25 and 35 days after application. In the second stage, bioassays were carried out with the samples and seeds of *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* and *Amaranthus* spp. were sown in individual pots. The evaluation parameters were plant height at 13 and 20 days after sowing (DAS) and at 27 DAS plant height and fresh mass. Control efficiency and persistence of herbicide associations were influenced by both the target weed species and the variable used. For the species *Euphorbia heterophylla* there was a greater inhibitory effect of herbicides at 4 DAA, highlighting the association of mesotrione+atrazine. For the species *Bidens pilosa*, an inhibitory effect of all herbicides was detected at intervals up to approximately 18 days and highlighted by the greater persistence of atrazine+simazine. For the species *Amaranthus* spp. all herbicide treatments stood out for the greater inhibitory effect at 4 DAA, but the combination of simazine + atrazine was featured for the control up to longer periods.

**Keywords:** persistence; herbicides; mechanism of action; corn.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média, máxima e mínima (°C) durante o período de condução do experimento no ano de 2020. UTFPR, Pato Branco, 2020.....	22
Figura 2 – Amostra de solo coletada a campo. Área experimental UTFPR <i>Campus</i> Pato Branco 2020.....	23
Figura 3 – Bioensaios conduzidos em estufa plástica. UTFPR <i>Campus</i> Pato Branco 2020.....	24
Figura 4 – Altura de planta (cm) aos 13, 20, e 27 dias após a semeadura e massa verde (g) de plantas de leiteiro em experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). UTFPR, Pato Branco-PR, 2022.....	26
Figura 5 – Altura de planta (cm) de Picão-preto aos 13, 20, e 27 dias após a semeadura e massa verde (g) 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 ( $p \leq 0.05$ ). UTFPR, Pato Branco-PR, 2022.....	29
Figura 6 – Altura de planta (cm) de Caruru aos 13, 20, e 27 dias após a semeadura e massa verde (g) 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 ( $p \leq 0.05$ ). UTFPR, Pato Branco-PR, 2022.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos avaliados. UTFPR, Pato Branco-PR, 2020.....	21
Tabela 2 – Características químicas e composição textural do Latossolo Vermelho Distrófico em que foi conduzido o experimento na safra 2020. UTFPR, <i>Campus</i> Pato Branco-PR, 2020.....	22
Tabela 3 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde do leiteiro.....	40
Tabela 4 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde do picão-preto.....	40
Tabela 5 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde do caruru.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAA	Dias após a aplicação
DAS	Dias após a semeadura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PAI	Período Anterior a Interferência
PCPI	Período Crítico de Prevenção a Interferência
PR	Unidade da Federação – Paraná
PTPI	Período Total de Prevenção a Interferência
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná



## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetros
pH	Potencial Hidrogeniônico
m	Metros
L	Litros
ha	Hectares
i.a.	Ingrediente Ativo
p.c.	Produto Comercial
MO	Matéria Orgânica
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
H	Hidrogênio
Al	Alumínio
°C	Grau Celsius

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1	Geral.....	13
2.2	Específicos.....	13
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1	Importância da cultura do milho.....	14
3.2	Manejo de plantas daninhas na cultura do milho.....	14
3.3	Período de interferência de plantas daninhas na cultura do milho.....	16
3.4	Uso de herbicidas inibidores do FSII e inibidores de carotenóides no manejo de plantas daninhas na cultura do milho.....	16
3.5	Persistência de herbicidas na cultura do milho e relação com o controle de plantas daninhas.....	17
3.6	Características de alguns herbicidas utilizados na cultura do milho.....	19
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
4.1	Primeira Etapa.....	21
4.2	Segunda Etapa.....	23
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>25</b>
5.1	Leiteiro ( <i>Euphorbia heterophylla</i> ).....	25
5.2	Picão-preto ( <i>Bidens pilosa</i> ).....	28
5.3	Caruru ( <i>Amaranthus</i> spp.).....	31
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>
	<b>ANEXO A – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde de leiteiro, picão-preto e caruru.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) registrou pelo terceiro ano consecutivo aumento no número de pessoas passando fome no mundo, subindo de 811 milhões em 2017, para aproximadamente 820 milhões em 2018 (FAO, 2019).

Há duas estratégias para se obter aumentos de produção de grãos capazes de atender à crescente demanda imposta pelo aumento populacional: aumento de área cultivada e aumento de produtividade por área. A primeira alternativa é um tema recorrente e tem sido motivo de muita discussão no Brasil. As projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são de aumentar de 75,4 milhões para 85,68 milhões de hectares de área plantada em 10 anos (MAPA, 2019). Porém, há que se considerar que a expansão da área plantada traz pressão sobre áreas não cultivadas, com capacidade de uso do solo limitada ou mesmo em áreas atualmente cobertas com matas, reservas ambientais, reservas indígenas, etc.

O potencial impacto gerado pela expansão da área cultivada indica que a alternativa mais racional provavelmente seja incrementar a produtividade das áreas já incorporadas ao sistema produtivo. Considerando isso, é muito importante compreender que o manejo fitossanitário (plantas daninhas, pragas e moléstias) com bases sólidas, constitui pilar fundamental para que se mantenham os níveis de produtividade possíveis de serem atingidos.

Com a população mundial crescendo a cada ano, a necessidade de produzir cada vez mais alimentos pressiona o setor agrícola a desenvolver melhorias no manejo das culturas. A cultura do milho assume importância muito grande nesse cenário, pois apresenta múltipla utilização na alimentação humana e também de animais. O Brasil atualmente produz 99.984,1 mil toneladas de milho, divididas em duas safras principais. Na safra normal, a produção é de 26.188,7 mil toneladas (26,19% da safra total) e a produtividade de 5.355 kg/ha. A produção na safrinha é de 73.795,6 mil toneladas, o que representa 73,81% da safra total (CONAB, 2020). A produtividade do milho safrinha vêm crescendo ao longo dos anos, graças à conscientização dos agricultores de que neste período também há necessidade de se fazer investimentos significativos para a obtenção de boas produtividades.

O manejo de plantas daninhas aplicado atualmente por agricultores, consiste principalmente da utilização de técnicas culturais e do controle químico. Vários fatores podem determinar variações na eficiência do controle químico por meio de herbicidas, que vão desde características biológicas das infestantes, características associadas aos herbicidas e fatores relacionados ao ambiente.

A dinâmica dos herbicidas no solo varia de acordo com as características de cada produto. Mesmo quando é realizada a aplicação na parte aérea da planta, o solo geralmente será o destino final do agroquímico.

Atualmente, em várias espécies cultivadas, têm se enfatizado muito a necessidade de utilização de produtos pré-emergentes com efeito residual no solo. Dentre os motivos apontados para o seu uso, estão a necessidade de controle de infestações de plantas daninhas que se encontram, em algumas lavouras, com ampla densidade e frequência. Também, se justifica pelo fato de muitas áreas apresentarem espécies daninhas com distintos fluxos de emergência durante o ciclo da cultura.

Kozlowski (2002), ressalta em seus estudos, que se faz necessário estudar o período crítico de competição com base em uma escala fenológica da cultura em relação as plantas daninhas e não apenas com base em um período de tempo definido, ou seja, dias após a emergência. Conclui ainda que o período compreendido entre a germinação e estágio fenológico V7 é no qual o herbicida deve manter seu poder residual no solo para que as plantas infestantes não interfiram negativamente na produção.

Por definição, o efeito residual dos herbicidas deveria cobrir, pelo menos, desde o final do período anterior à interferência (PAI), até o final do período total de prevenção da interferência (PTPI). Portanto, o residual deve abranger todo o período crítico de prevenção da interferência (PCPI).

A persistência dos herbicidas no solo está diretamente relacionada com alguns fatores, sendo estes: decomposição microbiana e química, adsorção do herbicida aos coloides do solo, lixiviação, volatilização, fotodecomposição e absorção pelas plantas. Alguns fatores interferem no comportamento do herbicida, como: propriedades físico-químicas, solubilidade em água, pressão de vapor, coeficiente de repartição carbono orgânico-água, meia vida, umidade, temperatura e pH do solo (KARAM, 2005).

Dentre os herbicidas mais utilizados na cultura do milho, destacam-se atrazina, mesotrione, tembotrione e simazina, que são importantes ferramentas para o manejo de plantas daninhas. A atrazina é um herbicida seletivo e de ação sistêmica, utilizado tanto em pré como pós-emergência precoce (EMBRAPA, 2006). Atua na planta inibindo a fotossíntese pela inibição da reação de Hill, provocando clorose e necrose foliar.

O mesotrione é um herbicida seletivo e de ação sistêmica, utilizado em pós-emergência. Atua na planta inibindo a síntese de carotenoides. Sua aplicação é realizada logo após a emergência das plantas infestantes na lavoura.

O tembotrione é um herbicida seletivo foliar que atua na síntese de carotenoides, sendo uma grande ferramenta para utilização em pós-emergência no milho, oferece um amplo espectro de controle com ação sobre várias espécies de folha larga e folha estreita.

O herbicida simazina é indicado na pré – emergência da cultura e de plantas daninhas, para o controle de dicotiledôneas e algumas gramíneas. O seu mecanismo de ação consiste na inibição da fotossíntese através do bloqueio de fluxo de elétrons no fotossistema II.

Atualmente, questiona-se se a persistência desses herbicidas é suficiente para se estender durante todo o período crítico de prevenção da interferência (PCPI), período durante o qual as plantas daninhas devem ser controladas. Caso os herbicidas aplicados não contenham a persistência almejada até o final do PCPI, seria possível hipotetizar que há necessidade de aumentar a dose dos herbicidas aplicados ou de que há necessidade de se efetuar mais de uma aplicação dos mesmos, para que haja atuação durante todo o PCPI.

Considerando a grande necessidade de aprimorar o manejo de plantas daninhas para maximizar a produção de grãos, destaca-se neste contexto a importância de analisar a persistência no solo dos herbicidas atrazina, simazina, mesotrione e tembotrione, com o intuito de verificar os níveis de controle de espécies daninhas na cultura do milho safrinha.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

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

### 2.2 Específicos

Determinar o efeito residual no solo da metade das doses recomendadas 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 metade da dose máxima de rótulo, sobre plantas de *Bidens pilosa*, *Euphorbia hererophylla* e *Amaranthus* spp.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Importância da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente à família Poaceae e representa uma grande importância a nível mundial. Mesmo que as estimativas apontam para queda de 1,3% na safra 2018/19, a produção global estimada é de 1,11 bilhão de toneladas (FIESP, 2022).

Atualmente é o grão mais produzido no mundo, sendo a única cultura a ultrapassar a marca de 1 bilhão de toneladas. Simultaneamente a sua importância econômica destaca-se pelos diversos usos do cereal. Além da alimentação humana e principalmente animal, é possível produzir uma infinidade de produtos, tais como combustível, bebidas, polímeros, etc. (CONTINI *et al.*, 2019).

A alimentação animal representa a maior parte do consumo de milho, correspondendo cerca de 70% no mundo. Já no Brasil, dependendo das variações concentra-se entre 60 a 80%. Na alimentação humana, mesmo não possuindo grande participação no uso do milho em grãos, compreende-se como um fator de grande importância, sabendo que na região Nordeste do Brasil esse cereal é utilizado como fonte de energia para muitas pessoas. No México por exemplo, o milho é utilizado como ingrediente básico em sua culinária (CRUZ *et al.*, 2006).

A utilização do milho para a fabricação de etanol demonstra ser promissor no mercado de biocombustíveis. No Brasil em 2020, o país registrou a maior produção de etanol da história, sendo que, na safra 2018/19 foram produzidos 791,4 milhões de litros e na safra 2019/20 a produção passou para 1,61 bilhões de litros (MAPA, 2021).

#### 3.2 Manejo de plantas daninhas na cultura do milho

O manejo de plantas daninhas consiste na adoção de técnicas que visam diminuir e controlar a infestação ou se possível até mesmo a erradicação dessas plantas. Para melhor eficiência é necessário que seja feita integração dessas técnicas para que ocorra diversificação na forma de controle.

Segundo Melhiorança *et al.* (2015), o manejo integrado objetiva-se em eliminar as plantas daninhas durante o período crítico de competição, sendo este, o momento onde possivelmente ocorrerá danos irreversíveis à cultura.

Dentre os métodos que podem ser utilizados no controle de plantas daninhas na cultura do milho, o químico é um dos mais utilizados. Nesse método de controle, a aplicação pode ser feita em pré ou em pós-emergência. Porém, é necessário a verificação no Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento, bem como nas Secretarias Estaduais de Agricultura, quanto a liberação para a cultura em questão.

O método preventivo consiste em evitar a introdução, estabelecimento e disseminação de novas espécies daninhas na lavoura. Utilização de sementes de boa qualidade e provenientes de campos livres de disseminulos, limpeza rigorosa de todas as máquinas e implementos agrícolas antes de serem transportados para outras áreas, controlar o desenvolvimento das plantas invasoras de modo que não produzam sementes, utilizar rotação de cultura e de herbicidas como forma de diversificar o ambiente são práticas preventivas que ajudam a evitar a disseminação (GAZZIERO *et al.*, 2001).

A utilização de plantas como cobertura de solo, desempenham importante papel no controle de plantas daninhas. Teodoro *et al.* (2011), citam que em plantas leguminosas como o calopogônio e o amendoim forrageiro utilizados como cobertura, a capacidade de inibição ocorre por meio da capacidade de competição, através dos fatores de crescimento e de possíveis efeitos alelopáticos, por meio da produção de compostos inibidores liberados no solo, reduzindo assim a densidade de plantas daninhas.

Outra prática de manejo cultural não menos importante é a redução no espaçamento entre fileiras de milho. Fontes e Oliveira (2017), observaram que ao reduzir o espaçamento de 90 para 45 cm, ocorreu uma redução significativa no crescimento de plantas daninhas, efeito esse ocorrido pela maior interceptação da luz solar pelo milho, ficando menos disponível para as plantas daninhas, ainda ressaltam que em aplicação do herbicida nicosulfuron no espaçamento de 45 cm a eficácia de controle foi maior em relação ao espaçamento de 90 cm.



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

Dentre os diversos fatores que interferem na produção de grãos, a interferência de plantas daninhas na lavoura possui grande importância, considerando a enorme redução da produtividade que podem ocorrer na cultura.

Segundo Kozlowski (2002), em comparação da produtividade da área na ausência total de plantas daninhas com a área na presença destas durante todo o ciclo, a redução média no rendimento de grãos foi de 87%. Ainda, constatou que o período anterior a interferência ocorreu da emergência do milho até o estágio fenológico de 2 folhas (V2), o período total de prevenção da interferência ocorreu da emergência da cultura até o estágio de 7 folhas (V7) e o período crítico de prevenção da interferência compreende entre os estádios fenológicos V2 e V7.

A intensidade dessa interferência depende do estágio de crescimento, da duração do período de convivência, do ambiente e das características das plantas daninhas e das cultivadas tais como velocidade de crescimento, porte e arquitetura de planta (FONTES *et al.*, 2003).

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

A utilização de herbicidas no controle de plantas daninhas é método mais utilizado na atualidade. A eficiência, rapidez na aplicação e redução na mão-de-obra estão entre os principais fatores que levam os agricultores a aderir esse método.

Herbicidas inibidores do fotossistema II controlam plantas daninhas dicotiledôneas, interrompendo o fluxo normal de elétrons durante o processo fotossintético e ocorrendo uma “sobrecarga” nas moléculas de clorofila, podendo causar destruição das membranas celulares ou a formação de radicais livres. Os sintomas destacam-se em descoloração das folhas, surgimento de manchas aquosas e em seguida necrose levando a planta a morte. Já os Inibidores de carotenóides controlam monocotiledôneas, interferindo na rota metabólica de terpenóides, apresentando branqueamento, necrose e posteriormente morte da planta (FONTES *et al.*, 2003).

Adegas *et al.* (2011) observou que os tratamentos mesotrione + (atrazina+óleo) (90+800 g ha<sup>-1</sup>), mesotrione + (atrazina+óleo) (60+1.200 g ha<sup>-1</sup>), tembotrione (75 g ha<sup>-1</sup>), tembotrione + (atrazina+óleo) (50+1.000 g ha<sup>-1</sup>) e tembotrione + (atrazina+óleo) (75+1.000 g ha<sup>-1</sup>) formam o grupo de melhor eficácia de controle, sendo avaliado aos 7 dias após a aplicação (DAA). Na segunda avaliação (14 DAA), todos os tratamentos de herbicidas utilizados proporcionaram controle satisfatório, com índice igual ou superior a 80%. Com o aumento do período após as aplicações, observaram que o controle das plantas daninhas havia aumentado, tendo o seu ápice aos 28 DAA. Na última avaliação, aos 42 DAA, verificaram que o grupo de tratamentos com maior eficácia de controle foi formado por mesotrione + (atrazina+óleo) (90+800 g ha<sup>-1</sup>), tembotrione (100 g ha<sup>-1</sup>), tembotrione + (atrazina+óleo) (50+1.000 g ha<sup>-1</sup>) e tembotrione + (atrazina+óleo) (75+1.000 g ha<sup>-1</sup>), que não diferiram da testemunha capinada. Na sequência de eficácia, os demais tratamentos com os herbicidas mesotrione, nicosulfuron e tembotrione e suas associações com atrazina obtiveram índice de controle satisfatório entre 83,7 e 90%.

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

De acordo com Mancuso *et al.* (2011), os herbicidas residuais são aqueles que apresentam um maior período de atividade, porém, podem apresentar um efeito residual (carryover) que podem acarretar não somente em impacto ambiental negativo, mas também fitointoxicação e redução da produtividade das culturas subsequentes às quais foram aplicados os herbicidas.

O atrazine pertence ao grupo químico das triazinas. É um herbicida largamente utilizado na agricultura, as doses recomendadas dependem das características físico-químicas do solo, sendo mais elevada para solos mais argilosos ou ricos em matéria orgânica, contudo, pouco lixiviada em solos com teores médios e altos de argila ou matéria orgânica (ARCHANGELO *et al.*, 2005).

A persistência de um herbicida no solo depende da natureza química, formulação e dose aplicada do produto, características do solo e de fatores

climáticos do meio. Sendo assim, as informações de uma região de clima e solo diferentes sempre apresentarão valores relativos (BLANCO *et al.*, 1983).

A atrazina é um dos principais herbicidas no controle químico de plantas daninhas na cultura do milho safrinha, controlando principalmente dicotiledôneas, à qual em geral se associa um herbicida gramínicida.

Em solos argilosos a meia-vida da atrazina pode variar entre 60 e 150 dias. No entanto, se houver alterações nas condições do solo para anaerobiose de sedimentos argilo-arenosos, a meia vida do herbicida é cerca de 660 dias (RIBAUDO; BOUZAHER, 1994). Mattos *et al.* (2011) concluem em seus experimentos que é possível detectar atrazina no solo até 180 dias após a aplicação para a cultura do milho.

Blanco (2010) constatou em seus experimentos que a persistência do herbicida mesotrione nas doses 192 e 384 g ha<sup>-1</sup> foi de 114 e 177 dias após a aplicação do tratamento, respectivamente. Já, para o herbicida tembotrione, observou que, nas doses 100,8 e 201,6 g/ha<sup>-1</sup> o herbicida permaneceu no solo por 55 e 75 dias após a aplicação, respectivamente. Sendo assim, concluiu que o herbicida tembotrione apresenta menor persistência que o mesotrione, sendo mais seguro para o plantio de culturas em sucessão ao milho.

Visando aumentar o espectro de controle de plantas daninhas, a utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação é uma excelente alternativa. Em áreas com infestações de diferentes espécies (folha larga e folha estreita), a associação de herbicidas pode ser uma opção para melhorar o manejo de plantas daninhas, aumentando o poder residual e podendo proporcionar maior espectro de ação. Sendo considerada também uma prática que diminui a pressão sobre a ocorrência de plantas resistentes aos herbicidas (GREEN; OWEN, 2011).

De acordo com estudos feitos por Matte *et al.* (2018), a aplicação do herbicida Calaris, que é uma mistura formulada (atrazine + mesotrione), quando associado ao glyphosate, tembotrione e nicosulfuron, apresentou níveis excelentes de controle de todas as espécies daninhas avaliadas em seus experimentos (*Conyza bonariensis*, *Urochloa decumbens*, *Cenchrus echinatus*, *Digitaria horizontalis*, *Urochloa plantaginea*, *Ipomoea grandifolia*, *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Glycine max* var. DM 6563 IPRO e *Comelina benghalensis*).

Para Spader e Vidal (2001) a utilização de nicosulfuron, em dose reduzida, associado a outros herbicidas que tenha pouco efeito sobre as plantas de milho, como o atrazine, poderiam ser uma alternativa para se obter controle satisfatório das plantas daninhas sem causar danos a cultura.

Dourado-Neto *et al.* (2013) observaram que o herbicida tembotrione, quando aplicado de forma isolada, sem associação com atrazina, mostrou-se sempre o tratamento de menor eficiência no controle de *Bidens pilosa*, em comparação com a utilização dele próprio ou de outros herbicidas associados com atrazina.

A mistura de herbicidas em tanque de pulverização é uma prática comum entre os agricultores, oferecendo algumas vantagens como aumento no número de espécies controladas, melhor controle de determinadas espécies, redução no custo de pulverização e possibilidade de redução da dose recomendada, porém, a redução da dose ocasiona em menor poder residual no solo (MACHADO *et al.*, 2006).

### **3.6 Características de alguns herbicidas utilizados na cultura do milho**

Dentre os herbicidas registrados para a cultura do milho encontra-se o mesotrione (2-(4-mesy-2-nitrobenzoyl) cyclohexane-1,3-dione), sendo um herbicida seletivo, de ação sistêmica, pertence ao grupo químico tricetona, indicado para o controle pós - emergente das plantas infestantes, caracteriza-se pelo seu amplo espectro de controle das plantas infestantes anuais de folhas largas e do capim-colchão ou milhã, que ocorrem na cultura do milho (ADAPAR, 2020) Seu modo de ação, consiste na inibição da biossíntese de carotenóides através da interferência na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenilpiruvato-dioxigenase) nos cloroplastos (KARAM, 2004). O mesotrione é rapidamente degradado no solo por microrganismos e a meia vida em média é 9 dias (SENSEMAN, 2007).

Outra importante ferramenta no controle de plantas daninhas é o tembotrione, um herbicida seletivo, utilizado em pós – emergência na cultura do milho, fornece amplo espectro de controle em folhas largas e estreitas, sendo peça chave para um efetivo sistema de rotação de mecanismos de ação de herbicidas, o que é prática essencial para frear a evolução da resistência (BAYER, 2018). Também pertencente ao grupo dos inibidores da enzima HPPD, atua na síntese de

carotenóides, desenvolvendo uma intensa coloração esbranquiçada nas folhas das plantas daninhas, evoluindo para uma seca e morte subsequente (ADAPAR, 2019a).

Outro herbicida de grande importância para a cultura do milho é o formulado Primatop®, pertencente ao grupo químico das triazinas, contendo atrazine e simazine em sua composição. É seletivo a cultura, recomendado para controle na pré e pós – emergência das plantas daninhas, possuindo amplo espectro de controle em infestações mistas de folhas estreitas anuais (capim-colchão, capim-pé-de-galinha, capim-marmelada, trapoeraba) e também em folhas largas (ADAPAR, 2019c). A campo o herbicida simazine apresenta poder residual moderado, com meia vida de 60 dias, porém em solos com pH alto pode persistir por mais tempo (SENSEMAN, 2007). Os sintomas iniciais das plantas daninhas consistem em clorose internerval e amarelecimento das margens da folha seguido de necrose, sendo as folhas velhas mais danificadas (SENSEMAN, 2007).

O herbicida atrazina, utilizado em associação com outros herbicidas visando maior espectro de controle, é seletivo para a cultura do milho e pertence ao grupo químico das triazinas, sendo recomendado para o controle na pós – emergência das plantas infestantes anuais, folhas largas e capim marmelada (ADAPAR, 2019b). Em média a meia vida do atrazine em campo é 60 dias, podendo ser aumentada a persistência em solos com pH alto, bem como em condições de solo frio e seco (SENSEMAN, 2007).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Primeira Etapa

O experimento a campo foi implantado na Área Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no município de Pato Branco, região Sudoeste do Paraná (26°41'17" Sul e 52°41'17" Oeste). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico com textura muito argilosa. O clima é subtropical úmido com verão quente (Cfa), de acordo com a classificação de Koppen.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e quatro tratamentos, sendo eles: testemunha, mesotrione + atrazina, simazina + atrazina e tembotrione + atrazina. As doses a serem aplicadas foram de apenas 50% da dose máxima recomendada na bula de cada produto (Tabela 1).

Cada unidade experimental estava dimensionada em 11,25 m<sup>2</sup> (5x2,25 m), com espaçamento entre linhas de 45 cm e entre parcelas 90 cm (7 linhas de semeadura). A cultivar de milho utilizada foi AG9050 PRO3, com densidade populacional de 3 plantas/metro linear.

**Tabela 1 – Tratamentos avaliados. UTFPR, Pato Branco-PR, 2020**

Tratamento	Doses (i.a. ha <sup>-1</sup> )	Doses (p.c. ha <sup>-1</sup> )	Produtos comerciais
Testemunha	-----	-----	-----
Simazina + Atrazina*	875 g + 875 g	3,50 L	Primatop®
Mesotrione + Atrazina	96 g + 1200 g	0,20 L + 3,00 L	Callisto® + Primóleo®
Tembotrione + Atrazina	50,4 g + 1200 g	0,12 L + 3,00 L	Soberan® + Primóleo®

\*Produto Comercial Primatop®  
Fonte: Autoria própria (2020)

Antes de ser feita a semeadura a área apresentava palhada de milho como cobertura de solo. A adubação de base e de cobertura foi feita de acordo com a necessidade apresentada através da análise química do solo (Tabela 2). A semeadura do milho realizou-se na safrinha no dia 06 de Janeiro de 2020.

**Tabela 2 – Características químicas e composição textural do Latossolo Vermelho Distrófico em que foi conduzido o experimento na safra 2020. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020**

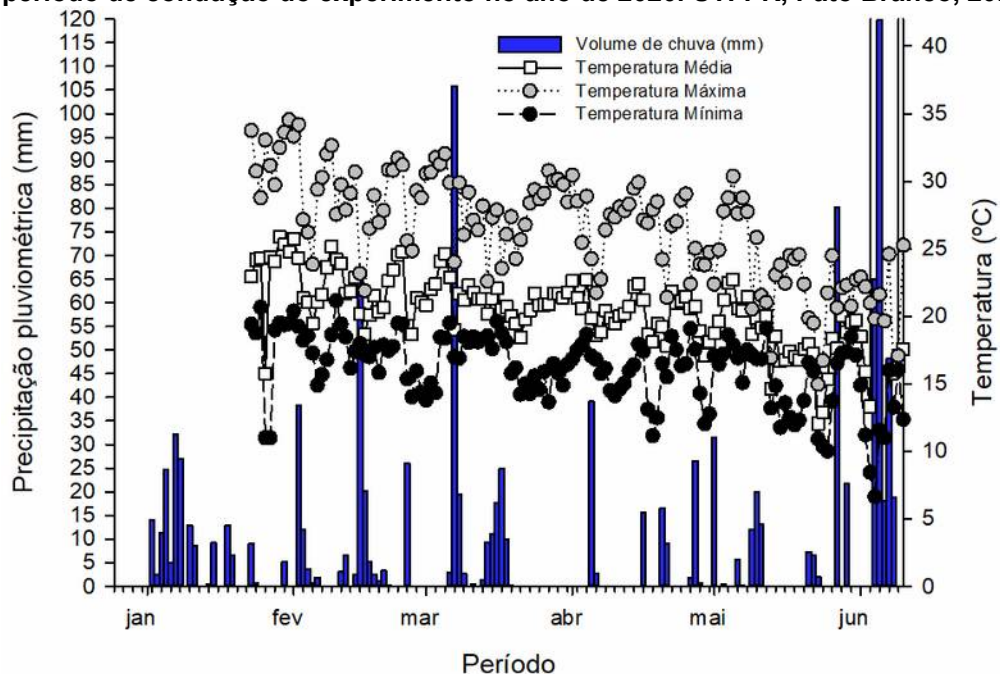
Camadas	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K -----cmoldm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	H + Al
0 – 10 cm	49,59	11,85	0,61	4,0	2,50	4,28
10 – 20 cm	57,63	7,93	0,34	4,1	2,50	4,59

**\*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 (2020)**

As aplicações dos herbicidas foram realizadas em pós-emergência precoce, em que as plantas dicotiledôneas apresentavam entre 4 a 6 folhas e as monocotiledôneas 1 a 2 perfilhos. Para isso, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, barra de 5 bicos 11002 jato leque. A calda foi extrapolada para 1 hectare, resultando em 200 litros/ha.

**Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média, máxima e mínima (°C) durante o período de condução do experimento no ano de 2020. UTFPR, Pato Branco, 2020**



Como o solo estava com uma excelente cobertura de palhada proveniente do milho, dois dias após a aplicação dos tratamentos realizou-se a irrigação por aspersão da área para que o herbicida chegasse até o solo.

Em seguida, foram efetuadas coletas de amostras de solo, sendo 3 coletas em cada unidade experimental e em cinco períodos distintos. A primeira com 4, a segunda com 11, a terceira com 18, a quarta com 25 e a quinta com 35 dias após a aplicação dos tratamentos. As amostras de solo foram feitas na camada superficial de 5 cm, sendo colocadas em pequenos potes com volume aproximado de 0,3 dm<sup>3</sup> e posteriormente congeladas em freezer a temperatura de -7 °C até o final de todas as coletas para que não houvesse a degradação da molécula dos herbicidas.

**Figura 2 – Amostra de solo coletada a campo. Área experimental UTFPR Campus Pato Branco 2020**



Fonte: autoria própria (2020)

## **4.2 Segunda Etapa**

Após o período de coletas de solo, as amostras foram descongeladas e acomodadas em ambiente de estufa plástica. Em seguida, foram semeadas três espécies diferentes de plantas daninhas (Caruru, Picão-preto e Leiteiro) no solo contido nas amostras 2 cm de profundidade.



**Figura 3 – Bioensaios conduzidos em estufa plástica. UTFPR Campus Pato Branco 2020**



**Fonte: autoria própria (2020)**

Na segunda etapa foi avaliado a altura de planta aos 13, 20 e 27 dias após a semeadura (DAS) das plantas daninhas e após a última avaliação (27 DAS) as plantas foram cortadas rente ao solo e pesadas determinando a massa verde.

Para a organização dos dados coletados utilizou-se o software Excel, em formato de tabelas. Posteriormente, para análise e processamento dos dados, o programa estatístico R, sendo estes, submetidos ao teste de Tukey. A análise de variância feita pelo teste F a 5% de probabilidade. Com o teste de Shapiro – Wilk a 5% de significância foram demonstradas as interações. Por fim, a utilização do software SigmaPlot 12.0 para elaboração das Figuras.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados e discutidos as respostas das variáveis altura de planta aos 13, 20 e 27 dias após a semeadura (DAS) e matéria verde das espécies daninhas leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), picão-preto (*Bidens pilosa*) e caruru (*Amaranthus* spp.) aos tratamentos (herbicidas e épocas de amostragem).

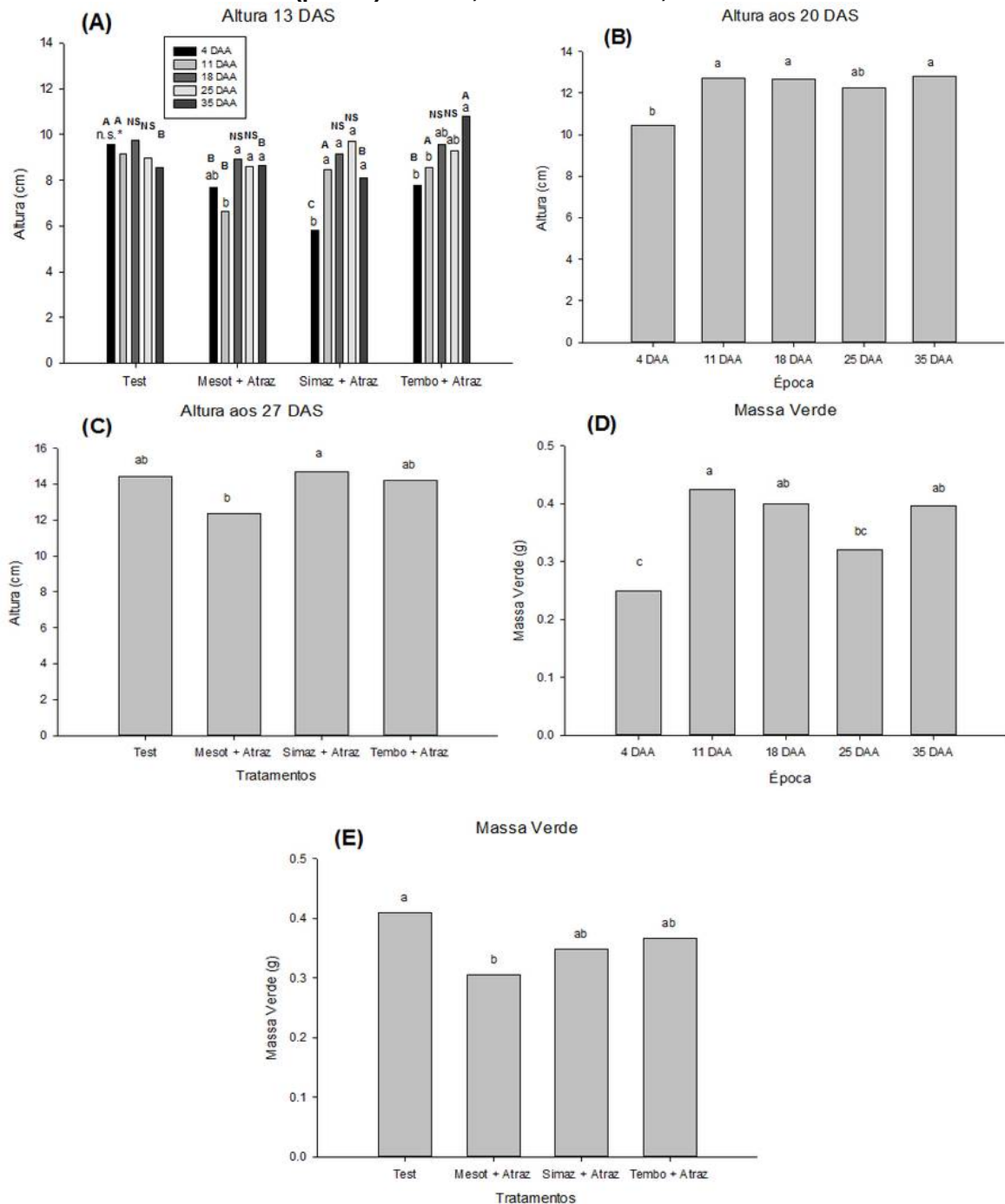
### 5.1 Leiteiro (*Euphorbia heterophylla*)

Na análise estatística apenas para a variável altura de planta aos 13 DAS houve interação entre herbicidas e épocas de coleta do solo. Aos 20 DAS demonstrou apenas efeito simples para época. Aos 27 DAS teve apenas efeito simples para herbicidas. Já para variável massa verde, ocorreu efeito simples para época e herbicidas.

Na Figura 4 são apresentados os resultados referente a altura de plantas de leiteiro aos 13, 20, 27 DAS e massa verde. Aos 13 DAS, analisando-se dentro do tratamento testemunha sem herbicidas, não foi constatada diferença significativa entre as épocas de coleta do solo (Figura 4A). No tratamento com mesotrione + atrazina apenas na coleta de solo realizada aos 11 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, houve uma redução na altura das plantas em mais de 25% em relação as demais épocas. Não foram detectadas diferenças significativas entre as demais épocas de coleta de solo.

Para o tratamento simazina + atrazina observou-se a maior redução na altura de planta na coleta realizada aos 4 DAA, em aproximadamente 40% em relação as demais. Nesse tratamento de simazina+atrazina na coleta aos 4 DAA, foi constatada a maior redução na altura de planta em relação a testemunha sem aplicação, considerando-se todos os tratamentos com herbicida. No tratamento tembotrione + atrazina a maior redução na altura constatou-se nas coletas realizadas aos 4 e 11 DAA, com aproximadamente 28% em relação as demais épocas de coleta.

**Figura 4 – Altura de planta (cm) aos 13, 20, e 27 dias após a semeadura e massa verde (g) de plantas de leiteiro em experimento conduzido em casa de vegetação. Médias de época seguidas pela mesma letra dentro de cada herbicida não se diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). UTFPR, Pato Branco-PR, 2022**



**Comparações onde há interação entre fatores:** \*Mesma letra minúscula indica ausência de diferença entre épocas de amostragem dentro de cada tratamento. Mesma letra maiúscula indica ausência de diferença entre tratamentos dentro de uma época de coleta. n.s. = ausência de diferença entre épocas; N.S. = Ausência de diferença entre tratamentos. **Comparações onde não há interação entre fatores:** Mesma letra minúscula indica ausência de diferença entre épocas de amostragem ou entre tratamentos.

**Fonte: autoria própria (2022)**

Na comparação entre tratamentos dentro de cada época de semeadura (Figura 4A), destacou-se pela menor altura de planta aos 13 DAS o tratamento com atrazina+simazina na época de amostragem aos 4 DAA, pois apresentou redução nesta variável tanto comparativamente à testemunha sem aplicação de herbicida quanto em relação aos demais tratamentos com herbicidas.

Para as variáveis altura de planta aos 20, 27 DAS e massa verde de leiteiro não ocorreu interação significativa, sendo analisados apenas o efeito simples de época aos 20 DAS e efeito simples de herbicidas aos 27 DAS (Figura 4 B, C). Para a variável massa verde, foram analisados os efeitos simples de época e de herbicidas (Figura 4 D, E).

Aos 20 DAS, a altura de planta na coleta realizada aos 4 DAA foi reduzida em 18% em relação à média das demais. Aos 27 DAS, a maior redução da altura ocorreu para o tratamento mesotrione + atrazina com cerca de 15% em relação à média dos demais. Nesta avaliação da altura aos 27 DAS, foi constatada diferença significativas apenas entre mesotrione+atrazine e atrazina+simazina. Nos efeitos simples de herbicidas, mesotrione + atrazina apresentou a menor massa verde, cerca de 25% em relação aos demais. Para os efeitos simples de época, a coleta realizada aos 4 DAA apresentou massa aproximadamente 42% menor em relação ao restante.

Os resultados descritos para a espécie leiteiro (*E. heterophylla*) indicam maior efeito dos herbicidas sobre a planta daninha nas coletas de amostras efetuadas em intervalos mais curtos, especialmente no período de 4 dias após a aplicação dos herbicidas. Além disso, as variáveis altura e massa verde determinadas aos 27 dias após a semeadura indicam eficiência de controle superior da combinação de mesotrione+atrazina, em relação aos demais tratamentos.

Blanco (2010) constatou em seus experimentos que a persistência do herbicida mesotrione nas doses 192 e 384 g ha<sup>-1</sup> foi de 114 e 177 dias após a aplicação do tratamento, respectivamente e que esse herbicida foi mais persistente que o tembotrione, que teve persistência entre 55 e 75 dias. Porém, a espécie alvo utilizada foi a beterraba, e não espécies daninhas, como no presente experimento.

Espera-se que as coletas de amostras de solo em intervalos mais curtos após a aplicação de herbicidas resultem em maior eficiência de controle de plantas daninhas do que aquelas retiradas em intervalos mais longos após a aplicação. Isso

ocorre pois a degradação por microorganismos é a principal forma de redução da disponibilidade de herbicidas no solo (CORREIA, 2018). Outras formas de dissipação dos herbicidas ao longo do tempo podem contribuir para a redução da disponibilidade dos herbicidas, como os processos de fotodegradação e hidrólise. Também, parte do herbicida presente nas camadas superficiais do solo pode ser deslocada por meio do processo de lixiviação, que depende do regime de chuvas e das características do solo e dos herbicidas.

Em relação ao controle de *E. heterophylla*, Correia e Kronka JR (2010) concluíram em seus estudos que, associando mesotrione com atrazina resultou em um melhor controle do que quando mesotrione é aplicado isoladamente. Segundo Silva (2010) o herbicida mesotrione na aplicação em pós-emergência apresenta melhores índices de controle do que quando aplicado na pré-emergência e que na avaliação aos 28 DAA o controle de *E. heterophylla* foi acima de 97% sendo considerado assim como excelente.

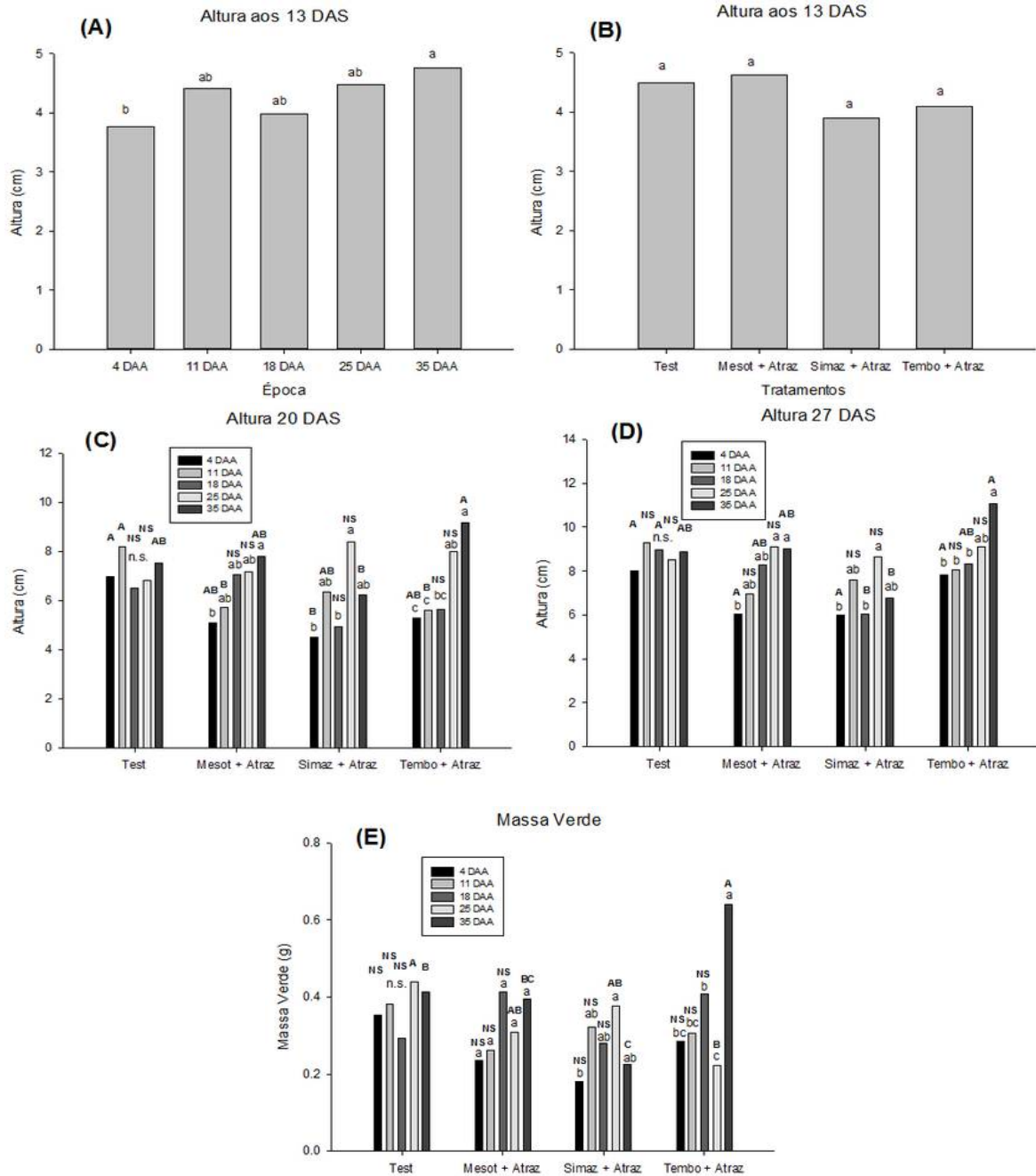
## 5.2 Picão-preto (*Bidens pilosa*)

Na análise estatística a variável altura de planta aos 13 DAS apresentou apenas efeito simples de época e herbicidas. Já, para as variáveis altura aos 20, 27 DAS e massa verde ocorreu interação significativa entre herbicidas e épocas de coleta de solo.

Na Figura 5 é possível observar os resultados de altura de planta aos 13, 20, 27 DAS e massa verde. Para o efeito simples de época aos 13 DAS, a coleta feita aos 4 DAA apresentou menor altura, sendo aproximadamente 21% menor em relação as demais épocas (Figura 5 A). Aos 13 DAS, não foram constatadas diferenças de altura entre os tratamentos herbicidas (Figura 5 B).

Aos 20 DAS (Figura 5 C) observa-se que para o tratamento testemunha sem herbicidas, não houve diferença entre as épocas de coleta. Para o tratamento mesotrione + atrazina, na época de coleta 4 DAA a altura apresentou menor valor, cerca de 34% em relação as demais épocas. No tratamento simazina + atrazina, as épocas em que houve menor altura de plantas, foram aos 4 e 18 DAA com aproximadamente 47% em relação as outras épocas.

Figura 5 – Altura de planta (cm) de Picão-preto aos 13, 20, e 27 dias após a semeadura e massa verde (g) 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 ( $p \leq 0.05$ ). UTFPR, Pato Branco-PR, 2022



**Comparações onde há interação entre fatores:** \*Mesma letra minúscula indica ausência de diferença entre épocas de amostragem dentro de cada tratamento. Mesma letra maiúscula indica ausência de diferença entre tratamentos dentro de uma época de coleta. n.s. = ausência de diferença entre épocas; N.S. = Ausência de diferença entre tratamentos. **Comparações onde não há interação entre fatores:** Mesma letra minúscula indica ausência de diferença entre épocas de amostragem ou entre tratamentos.

Fonte: autoria própria (2022)

Na combinação de tembotrione + atrazina, as épocas que apresentaram menor altura de plantas foram aos 4 e 11 DAA, com cerca de 42% menor em relação as demais épocas. Na comparação entre tratamentos em cada época de coleta de solo, embora na época 4 DAA o tratamento simazina+atrazina não diferiu significativamente dos demais herbicidas, o mesmo foi o único que diferiu da testemunha sem aplicação aos 4 DAA (Figura 5 C), portanto destacando-se pelo maior efeito inibitório do desenvolvimento das plantas de picão-preto.

Na Figura 5 D (27 DAS) os resultados do tratamento testemunha sem herbicidas não apresentou diferença entre épocas de amostragem. Para o tratamento mesotrione + atrazina a época de coleta 4 DAA apresentou altura de plantas 33% menor em comparação com as outras épocas. No tratamento simazina + atrazina as épocas de coleta 4 e 18 DAA apresentaram menor altura, cerca de 30% em relação as demais. Para a mistura tembotrione + atrazina as épocas que apresentaram menor altura foram aos 4, 11 e 18 DAA em aproximadamente 30% comparado com aos períodos de 25 e 35 DAA. Comparando os tratamentos em cada época de coleta, embora a mistura simazina+atrazina na época 18 DAA não tenha diferido dos demais herbicidas na mesma época de amostragem, foi o único que apresentou menor altura de planta em relação a testemunha, portanto destacando-se pelo maior efeito inibitório do crescimento de picão-preto (Figura 5 D). O tratamento simazina+atrazina também se destacou pelo maior efeito inibitório aos 35 DAA pois, embora não tenha diferido da testemunha nem da combinação mesotrione+atrazina, foi o único que reduziu a altura em relação ao tratamento tembotrione+atrazina (Figura 5 D).

Na Figura 5 E de massa verde a testemunha não apresentou diferença ente as épocas. Para o tratamento mesotrione + atrazina os resultados também não apresentaram diferença. No tratamento simazina + atrazina a coleta efetuada aos 4 DAA atingiu o menor valor de matéria verde. Entre as épocas 11, 18, 25 e 35 DAA não houve diferença significativa, porém, a época 35 DAA destacou-se como a menor massa em relação a estas épocas, sendo isso, possivelmente ocasionado pela maior persistência dos herbicidas no solo. Para o tratamento tembotrione + atrazina os períodos até 25 DAA se destacaram como os mais inibitórios da massa verde, todos diferindo significativamente de 35 DAA, que caracterizou-se por ser o período de maior massa verde.

Na comparação dos tratamentos de acordo com cada época de coleta, na época de coleta 25 DAA, destacou-se a combinação de tembotrione+atrazina, pela menor massa verde, pois embora não tenha diferido dos demais herbicidas, foi o único a apresentar diferença significativa em relação a testemunha (Figura 5 E). Na última amostragem, aos 35 DAA destacou-se pela redução da matéria verde o tratamento de atrazina+simazina (Figura 5 E). A associação entre tembotrione e atrazina se destacou pela menor persistência no solo pois não controlou *Bidens pilosa* na amostragem aos 35 DAA (Figura 5 E).

Dourado-Neto et al. (2013) observaram que o herbicida tembotrione, quando aplicado de forma isolada, sem associação com atrazina, mostrou-se sempre o tratamento de menor eficiência no controle de *Bidens pilosa*, em comparação com a utilização dele próprio isoladamente ou de outros herbicidas associados com atrazina. É importante destacar, no entanto, que no trabalho de Dourado-Neto et al. (2013) não foi efetuada a avaliação da persistência dos herbicidas ao longo do tempo.

### 5.3 Caruru (*Amaranthus* spp.)

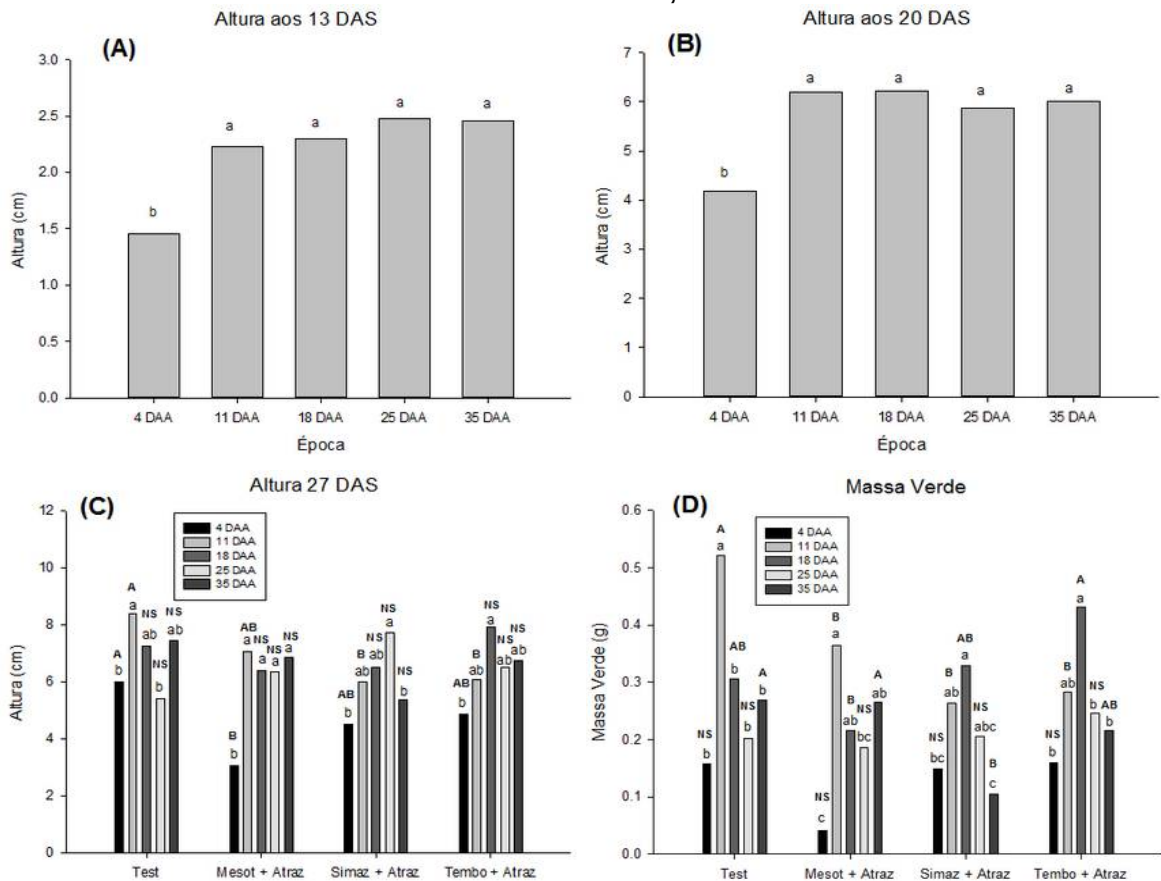
Na análise estatística para as variáveis altura de planta de caruru aos 13 e 20 DAS não foi constatada interação entre fatores, havendo apenas efeito simples de época de coleta de solo. Para altura aos 27 DAS e massa verde ocorreu interação entre herbicidas e época.

Na Figura 6 observa-se os resultados obtidos de altura de planta aos 13, 20, 27 DAS e massa verde. Aos 13 DAS observa-se que a época 4 DAA apresentou altura de planta aproximadamente 41% menor em relação as demais épocas (Figura 6 A). Também aos 20 DAS, na época 4 DAA houve menor altura de plantas, em cerca de 33% em comparação às demais épocas (Figura 6 B).

Na Figura aos 27 DAS o tratamento testemunha sem herbicidas apresentou diferenças na altura de planta entre épocas de coleta de solo, sendo assim, considerado fora da normalidade, fruto de erro experimental, pois não se espera diferenças entre testemunhas, mesmo que essas tenham sido coletadas em períodos distintos de amostragem a campo.



**Figura 6 – Altura de planta (cm) de Caruru aos 13, 20, e 27 dias após a semeadura e massa verde (g) 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 ( $p \leq 0.05$ ). UTFPR, Pato Branco-PR, 2022**



**Comparações onde há interação entre fatores:** \*Mesma letra minúscula indica ausência de diferença entre épocas de amostragem dentro de cada tratamento. Mesma letra maiúscula indica ausência de diferença entre tratamentos dentro de uma época de coleta. n.s. = ausência de diferença entre épocas; N.S. = Ausência de diferença entre tratamentos. **Comparações onde não há interação entre fatores:** Mesma letra minúscula indica ausência de diferença entre épocas de amostragem ou entre tratamentos.

**Fonte: autoria própria (2022)**

Esse erro experimental possivelmente ocorreu devido à variabilidade de solo presente na área do experimento. Para o tratamento mesotrione + atrazina apenas a época 4 DAA apresentou efeito significativo dos herbicidas na altura de planta, não sendo tão expressivos nas demais épocas de coleta de solo. No tratamento simazina + atrazina os herbicidas demonstraram maiores efeitos sobre a altura de planta nas épocas 4 e 35 DAA, apresentando as menores alturas. Na mistura tembotrione + atrazina a época 4 DAA obteve a menor altura, diferindo-se apenas da

época de coleta 18 DAA, onde verificou-se a maior altura. Comparando os tratamentos em cada época de coleta de solo, aos 27 DAS na época 4 DAA o tratamento mesotrione+atrazina se destacou pela menor altura, não diferindo dos demais herbicidas mas apresentando diferença significativa em relação a testemunha (Figura 6 C). Na época 11 DAA, as combinações de simazina+atrazina e tembotrione+atrazina se destacaram como os tratamentos de menor altura de planta para esta época, não diferindo entre si nem da mistura mesotrione+atrazina, mas apresentaram diferença significativa em comparação com a testemunha (Figura 6 C).

Na avaliação de massa verde (Figura 6 D), no tratamento testemunha observa-se que a época de coleta 11 DAA houve diferença significativa em relação as demais épocas de coleta de solo, tendo a maior massa. Esse efeito também deve ser considerado uma anormalidade. Para o tratamento mesotrione + atrazina, a época de coleta aos DAA atingiu a menor massa verde. Na combinação simazina + atrazina as épocas 4 e 35 DAA apresentaram menor massa. Na mistura tembotrione + atrazina constatou-se que apenas a época de coleta de solo 18 DAA demonstrou diferença das demais, sendo esta a maior massa. Na comparação dos tratamentos em cada época de coleta, aos 11 DAA nenhum tratamento herbicida diferiu dos demais, embora todos tenha sido mais inibitórios do que a testemunha sem aplicação. Na época de coleta aos 35 DAA, atrazina+simazina destacou-se, não diferindo da mistura de tembotrione+atrazina mas reduzindo a massa verde em comparação com a combinação de mesotrione+atrazina e do tratamento testemunha sem aplicação de herbicidas (Figura 6 D).

Analisando as figuras de altura de planta e massa verde de caruru, determinadas aos 27 dias após a semeadura, é possível observar que a combinação de simazina + atrazina destacou-se como o tratamento mais eficiente para o controle do *Amaranthus* spp., isso porque, em ambas as variáveis teve um efeito significativo sobre a planta daninha logo no início aos 4 DAA e novamente aos 35 DAA, apresentando persistência no solo por mais tempo.

## 6 CONCLUSÕES

O estudo demonstra a viabilidade de utilização da própria espécie daninha como bioindicadora da presença de herbicidas usados na cultura do milho ao longo do tempo. Porém, esta metodologia deverá ser aperfeiçoada.

A eficiência de controle e a persistência dos herbicidas avaliados foi influenciada tanto pela espécie daninha alvo quanto pela variável utilizada.

Para a espécie *Euphorbia heterophylla* houve maior efeito inibitório dos herbicidas aos 4 DAA, destacando-se associação de mesotrione+atrazina.

Para a espécie *Bidens pilosa* foi detectado efeito inibitório de todos os herbicidas em intervalos até aproximadamente 18 dias de amostragem e destaque pela maior persistência (até 35 DAA) da associação de atrazina+simazina.

Para a espécie *Amaranthus* spp. todos os tratamentos herbicidas se destacaram pelo maior efeito inibitório aos 4 DAA, mas se destacou pela maior persistência o tratamento de atrazina+simazina.

## REFERÊNCIAS

- ADAPAR. **Bula Callisto**. 2020. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-10/callisto070218.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/callisto070218.pdf). Acesso em: 15 fev. 2020.
- ADAPAR. **Bula Primatop**. 2019c. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2022-04/primatopsc.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2022-04/primatopsc.pdf). Acesso em: 17 dez. 2019.
- ADAPAR. **Bula Primóleo**. 2019b. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2022-01/primoleo.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2022-01/primoleo.pdf). Acesso em: 17 dez. 2019.
- ADAPAR. **Bula Soberan**. 2019a. Disponível em: [http://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-10/soberan620.pdf](http://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/soberan620.pdf). Acesso em: 17 dez. 2019.
- ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P. Manejo de plantas daninhas em milho safrinha em cultivo solteiro ou consorciado à braquiária ruziziensis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1226–1233, out. 2011. DOI 10.1590/S0100-204X2011001000016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2011001000016&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000016&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 4 jul. 2020.
- ARCHANGELO, E. R.; PRATES, H. T.; FERREIRA, F. A.; KARAM, D.; FERREIRA, L. R.; CARDOSO, A. A. Sorção, dessorção e potencial de lixiviação de atrazine em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 01, p. 14–27, 2005. DOI 10.18512/1980-6477/rbms.v4n01p%p. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/124>. Acesso em: 24 out. 2020.
- BAYER. **Herbicida para Milho Soberan® | Agro Bayer**. 2018. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/essenciais-do-campo/protecaodecultivos/soberan>. Acesso em: 9 nov. 2020.
- BLANCO, F. M. G. **Persistência no solo, em condições de campo, dos herbicidas Tembotrione e Mesotrione aplicados na cultura do milho**. 2010. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 3305–3312. Disponível em: [http://abms.org.br/eventos\\_anteriores/cnms2010/trabalhos/0493.pdf](http://abms.org.br/eventos_anteriores/cnms2010/trabalhos/0493.pdf). Acesso em: 8 nov. 2020.
- BLANCO, H. G.; NOVO, M. do C. de S. S.; SANTOS, C. A. L. dos; CHIBA, S. Persistência do herbicida metribuzin em solos cultivados com soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 10, p. 1073–1084, 1983. DOI 10.1590/S1678-3921.pab1983.v18.15427. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15427>. Acesso em: 19 jun. 2020.

CONAB. **Boletim da safra de grãos: 12º Levantamento - Safra 2019/20**. 2020. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=20>. Acesso em: 9 jun. 2022.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. [S. l.]: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

CORREIA, N. M.; KRONKA JR, B. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 28, p. 853–863, dez. 2010. DOI 10.1590/S0100-83582010000400019. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pd/a/khsBL5MCJZPdFqzXZM5C9QM/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 maio 2022.

CORREIA, N. M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente**. n. 1, p. 30, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185779/1/DOC-160.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

CRUZ, J. C.; KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J. de O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar**. n. 1, p. 17, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/490413/producao-de-milho-organico-na-agricultura-familiar>. Acesso em: 11 out. 2019.

DOURADO-NETO, D.; MARTIN, T.; CUNHA, V.; STECCA, J.; NUNES, N. **Controle de plantas daninhas no milho com o herbicida tembotrione**. v. 9, n. 1, p. 808–817, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3065>. Acesso em: 30 maio 2022.

EMBRAPA. Principais herbicidas indicados para cultura de milho no sistema plantio direto e no preparo convencional do solo. 2006. **Embrapa Trigo**. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do61\\_13.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61_13.htm). Acesso em: 10 nov. 2020.

FAO. **Fome aumenta no mundo e atinge 820 milhões de pessoas, diz relatório da ONU**. 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83712-fome-aumenta-no-mundo-e-atinge-820-milhoes-de-pessoas-diz-relatorio-da-onu>. Acesso em: 14 set. 2019.

FIESP. **Safra Mundial de Milho**. jun. 2022. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>. Acesso em: 8 out. 2020.

FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, I. J. de. **Arranjo espacial do milho e manejo de plantas daninhas em Sistema Plantio Direto em Manaus, AM**. n. 1, p. 6, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1087012/arranjo>

[espacial-do-milho-e-manejo-de-plantas-daninhas-em-sistema-plantio-direto-em-manaus-am](#). Acesso em: 26 maio 2020.

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; NEVES, J. L.; JÚLIO, L. de; SODRÉ FILHO, J. **Manejo integrado de plantas daninhas**. [S. l.]: Embrapa Cerrados, 2003. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27986/1/doc\\_103.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27986/1/doc_103.pdf). Acesso em: 9 jun. 2020.

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; PRETE, C. E. C.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. de F. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. p. 59, 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/459633/as-plantas-daninhas-e-a-semeadura-direta>. Acesso em: 14 jun. 2022.

GREEN, J. M.; OWEN, M. D. K. **Herbicide-Resistant Crops: Utilities and Limitations for Herbicide-Resistant Weed Management**. v. 59, p. 5819–5829, 2011. DOI dx.doi.org/10.1021/jf101286h. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf101286h#>. Acesso em: 9 nov. 2020.

KARAM, D. **Características do herbicida Mesotrione na cultura do milho**. n. 1, p. 5, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/488677/caracteristicas-do-herbicida-mesotrione-na-cultura-do-milho>. Acesso em: 8 set. 2020.

KARAM, D. Efeito residual dos herbicidas aplicados na cultura da soja no milho safrinha em sucessão. 8., 2005. **Seminário nacional de milho safrinha [...]**. Assis: Instituto Agrônômico, 2005. v. 8, p. 175–180. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490665/1/EfeitoResidual.pdf>. Acesso em: 28 set. 2019.

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, dez. 2002. DOI 10.1590/S0100-83582002000300006. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pd/a/GXyGHkXk4fg6CtTJGjHs8kK/?lang=pt>. Acesso em: 17 jun. 2020.

MACHADO, A. F. L.; CAMARGO, A. P. M.; FERREIRA, L. R.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G. Misturas de herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, v. 24, p. 107–114, 2006. DOI 10.1590/S0100-83582006000100014. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pd/a/YrHYgS9F7FgBScD7YskBhpb/?lang=pt>. Acesso em: 7 nov. 2020.

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. 2011. DOI 10.7824/rbh.v10i2.106. Disponível em: <http://rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/106> <http://rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/106>. Acesso em: 25 out. 2020.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Produção de etanol de milho avança no país como opção sustentável e de valor agregado. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-etanol-de-milho-avanca-no-pais>. Acesso em: 20 jun. 2022.

MAPA. Em dez anos, área plantada será ampliada em 10,3 milhões de hectares no Brasil. 2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/em-dez-anos-area-plantada-no-brasil-sera-ampliada-em-10-3-milhoes-de-hectares>. Acesso em: 15 set. 2019.

MATTE, W. D.; JR, R. S. de O.; MACHADO, F. G.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; GUTIERREZ, F. de S. D.; SILVA, J. R. V. da. **Eficácia de [atrazine + mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho**. v. 17, n. 2, p. 587–15, 13 jul. 2018. DOI 10.7824/rbh.v17i2.587. Disponível em:

<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/587>. Acesso em: 22 jun. 2020.

MATTOS, M. L. T.; ANDRES, A.; SANTOS, I. M. B. dos. **Residual do herbicida atrazina em solo cultivado com milho e na água de irrigação de arroz cultivado em sequência**. v. 137, n. 1, p. 20, 2011. Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/925522>. Acesso em: 2 jul. 2020.

MELHORANÇA, A. L.; KARAM, D.; SILVA, J. A. A.; OLIVEIRA, M. F. Plantas daninhas. **Cultivo do Milho**, n. 4, p. 7, 2015. Disponível em:

[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=7905&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=8](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7905&p_r_p_-996514994_topicold=8). Acesso em: 19 out. 2019.

RIBAUDO, M.; BOUZAHER, A. **Atrazine: Environmental Characteristics and Economics of Management**. [S. l.]: United States Department of Agriculture, 1994.

Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=40594>. Acesso em: 21 jun. 2020.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide Handbook**. 9. ed. [S. l.]: Weed Science Society of Amer, 2007.

SILVA, F. M. L. **Eficácia do herbicida mesotrione aplicado no sistema de cana crua**. 2010. 89 f. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Botucatu, 2010. Disponível em:

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/86355/silva\\_fml\\_me\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/86355/silva_fml_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 22 maio 2022.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. v. 31, p. 929–934, dez. 2001. DOI 10.1590/S0103-84782001000600001. Disponível em:

<http://www.scielo.br/j/cr/a/8nM5rnGBrn6rX7CxJJYTkpq/?lang=pt>. Acesso em: 9 nov. 2020.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, D. M. N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. v. 42, p. 292–300, jun. 2011. DOI 10.1590/S1806-66902011000200006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/j/rca/a/bVPjYscwRprHWg45qfRDfqr/?lang=pt>. Acesso em: 8 jun. 2020.

**ANEXO A – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde de leiteiro, picão-preto e caruru**



**Tabela 3 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde do leiteiro**

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura 13 dias	Altura 20 dias	Altura 27 dias	Massa verde
Tratamentos	3	7,2190	8,5964	22,1774**	0,037193**
Época	4	7,8339	15,5049**	6,5272	0,083403**
Trat x Época	12	3,6092**	2,9997	6,4737	0,011809
Resíduo	60	0,9035	4,6959	6,3385	0,006939
CV(%)		10,94	17,81	18,07	23,27

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

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Tabela 4 – Análise de variância para caracteres altura aos 13, 20 e 27 dias e massa verde do picão-preto**

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura 13 dias	Altura 20 dias	Altura 27 dias	Massa verde
Tratamentos	3	2,3213**	4,3130	15,0207	0,044082
Época	4	2,5357**	15,1915	10,1970	0,050408
Trat x Época	12	1,3292	4,3188**	3,2906**	0,039939**
Resíduo	60	0,8412	1,3847	1,5681	0,008299
CV(%)		21,43	17,68	15,42	27,05

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

**Fonte: Autoria própria (2022)**

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

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura 13 dias	Altura 20 dias	Altura 27 dias	Massa verde
Tratamentos	3	0,36344	1,9089	3,9574	0,031740
Época	4	2,82563**	11,8543**	15,5255	0,138990
Trat x Época	12	0,07955	2,6063	3,9719**	0,023432**
Resíduo	60	0,23381	1,3720	1,3943	0,006193
CV(%)		22,14	20,57	18,67	32,07

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

**Fonte: Autoria própria (2022)**