

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**EFICÁCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA
TOLPIRALATE NO CONTROLE PÓS-EMERGENTE DE
PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO**

Acadêmico: **PEDRO ANDRÉ FRANCISCO HONÓRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
da Unesp – Câmpus de Ilha Solteira,
como parte dos requisitos para obtenção
do grau de Engenheiro Agrônomo.

ILHA SOLTEIRA – SP

ABRIL DE 2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**EFICÁCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA
TOLPIRALATE NO CONTROLE PÓS-EMERGENTE DE
PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO**

Acadêmico: **PEDRO ANDRÉ FRANCISCO HONÓRIO**

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Tadeu de Carvalho**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
da Unesp – Câmpus de Ilha Solteira,
como parte dos requisitos para obtenção
do grau de Engenheiro Agrônomo.

ILHA SOLTEIRA – SP

ABRIL DE 2024

FICHA CATALOGRAFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e
Documentação

Honório, Pedro André Francisco.

H774e Eficácia e seletividade do herbicida tolpiralate no controle pós-emergente de plantas daninhas na cultura do milho / Pedro André Francisco Honório. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
27 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP) Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Fernando Tadeu de Carvalho Includi
bibliografia

1. Zea mays L.. 2. Herbicida. 3. Plantas daninhas. 4. Eleusine indica. 5. Amaranthus hybridus.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DEMESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: EFICÁCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA TOLPIRALATE NO
CONTROLE PÓS-EMERGENTE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO
MILHO.

ALUNO(A): PEDRO ANDRÉ FRANCISCO HONÓRIO RA: 162055145

ORIENTADOR(A): PROF. DR. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Aprovado (X) Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 9,0

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Fernando Tadeu de Carvalho

Presidente (Orientador)

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Prof. Dr. Hernandes Andrade Queiroz

Pedro André Francisco Honório

Aluno(a)

Ilha Solteira (SP), 07 de maio de 2024.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Ciências Biológicas, Eng. Agrônômica, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56 CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil
pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 scom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram, mas principalmente à aqueles que tornaram esse sonho possível, meu pai Pedro Agnaldo Honório, minha mãe Kátia Cristina Francisco Honório e meu orientador e amigo Fernando Tadeu de Carvalho.

“O mundo é um livro, e quem fica sentado em casa lê somente uma página.”

Santo Agostinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo dom da vida e por sempre estar comigo.

Agradeço aos meus pais Pedro e Kátia pelos esforços incontáveis e imensuráveis, por tudo que fizeram, fazem e farão por mim. Amo vocês imensamente, sou eternamente grato por todo amor incondicional, carinho, dedicação, cuidado, zelo, companheirismo, força e paciência nas mais diversas áreas da minha vida, sem vocês nada faria sentido.

Agradeço ao meu irmão Guilherme pela cumplicidade, carinho, cuidado e parceria, te amo.

Agradeço aos meus professores que durante todo o curso me ensinaram, estiveram atentos e que se tornaram amigos. Agradeço em especial ao meu orientador, o Professor Fernando Tadeu de Carvalho por sempre acreditar em meu potencial, pelos inúmeros ensinamentos, por me guiar e além de me honrar com sua orientação e atenção, sem as quais nada disso seria possível.

Agradeço aos meus amigos que a faculdade me proporcionou, principalmente das repúblicas onde morei, Caneca Furada e San Tomé, que fecharam as portas, mas continuarão vivas em minhas memórias, onde pude conhecer pessoas especiais e que levarei para o resto da minha vida.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 A CULTURA DO MILHO.....	10
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MILHO.....	10
2.3 PLANTAS DANINHAS.....	11
2.4 Seletividade de herbicidas pós emergentes.....	12
2.5 A enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase (hppd).....	13
2.6 Herbicidas inibidores da enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase (hppd).....	14
2.7 Mecanismo de ação dos herbicidas utilizados.....	15
2.7.1 Mesotrione.....	15
2.7.2 Tembotrione.....	15
2.7.3 Tolpiralate.....	16
2.8 Óleo adjuvante utilizado (aureo).....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Local e data.....	17
3.2 HÍBRIDO e tratos culturais.....	17
3.3 Tratamentos.....	17
3.3.2 Delineamento experimental e dimensão das parcelas.....	18
3.3.3 Descrição dos herbicidas.....	18
3.4 Tecnologia e época de aplicação.....	19
3.5 Avaliações.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5 CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

EFICÁCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA TOLPIRALATE NO CONTROLE PÓS-EMERGENTE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a seletividade e a eficácia agrônômica do herbicida tolpiralate, aplicado em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas, na cultura do milho. A pesquisa foi desenvolvida no período de novembro/2022 a março/2023, na Fazenda de Ensino e Pesquisa (FEPE) - UNESP, localizada no município de Selvíria, MS, enquadrada em região de Cerrado. A área experimental foi conduzida sob o sistema de plantio convencional e o híbrido de milho utilizado foi o FS575PWU com espaçamento de 0,9 m. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com oito tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: tolpiralate (0,075; 0,100; 0,125 e 0,150 L/ha) + Aureo (0,5% v/v), mesotrione (0,300 L/ha) + Aureo (0,5% v/v), tembotrione (0,240 L/ha) + Aureo (0,5% v/v), além das testemunhas no mato e no limpo. As aplicações foram realizadas com o uso dos EPIs necessários, aos 21 dias após a semeadura do milho, utilizando-se um pulverizador pressurizado com barra de dois metros e quatro bicos do tipo leque, espaçados de 0,5 m e volume de calda de 200 L/ha. Concluiu-se que o herbicida tolpiralate + Aureo (0,5% v/v), nas doses de 0,075; 0,100; 0,125 e 0,150 L/ha, é seletivo às plantas do milho híbrido cultivar FS575PWU. Na dose de 0,150 L/ha é eficiente no controle de *Eleusine indica* e *Amaranthus hybridus*. Na produtividade da cultura, as diferenças ocorreram em decorrência da eficácia dos tratamentos no controle das plantas daninhas.

Palavras-chave: *Zea mays L.*; herbicida; plantas daninhas; *Eleusine indica*; *Amaranthus hybridus*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos utilizados no experimento em milho. Selvíria-MS (2023)	p.15
Tabela 2 - Infestação das plantas daninhas nas testemunhas. Selvíria-MS (2023)	p.18
Tabela 3 - Eficácia no controle de capim-colonião. Selvíria-MS (2023)	p. 18
Tabela 4 - Eficácia no controle de capim-pé-de-galinha. Selvíria-MS (2023)	p. 19
Tabela 5 - Eficácia no controle de corda-de-viola. Selvíria-MS (2023)	p. 19
Tabela 6 - Eficácia no controle de caruru. Selvíria-MS (2023)	p. 20
Tabela 7 - Dados médios de produtividade do milho. Selvíria-MS (2023)	p. 21

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie originária da América do Norte, que pertence à família Poaceae (Silveira et al., 2015). É um cereal que possui grande capacidade adaptativa, tanto em relação a condições ambientais, quanto nutricionais e, devido a isso, é um dos mais cultivados e produzidos no mundo, sendo destinado a alimentação humana e animal, além de ser uma das culturas mais rentáveis na produção de grãos, designado tanto para o mercado interno, quanto para exportação (Coser, 2010).

As condições edafoclimáticas destacam o Brasil como um país de grande potencial para o cultivo do milho, mas o clima tropical é também muito favorável à ocorrência de pragas, doenças e, uma elevada densidade e diversidade de plantas daninhas, que interferem negativamente no desenvolvimento e na produtividade da cultura.

Os efeitos negativos detectados no crescimento e produtividade da cultura do milho, devido à presença das plantas daninhas, já foram observados por vários autores (Carvalho e Galli, 1993; Silva e Pires, 1990), em decorrência da competição principalmente por água e nutrientes, além de outros fatores como também por diminuir a qualidade do produto, tanto por dificultar o seu desenvolvimento e beneficiamento, quanto por alterar suas características; por encarecerem as práticas agrícolas e também podendo servir de hospedeiras para pragas e doenças (Silva et al., 1998). Existem diversos métodos para se controlar as plantas daninhas na agricultura. Os métodos mais utilizados são os mecânicos e o controle químico. No milho, a utilização de herbicidas tem se mostrado uma ótima opção em função do grande rendimento operacional que se consegue, e devido à desvantagem dos métodos mecânicos de não poderem ser utilizados nos períodos mais chuvosos.

A época de aplicação é um fator determinante para a escolha do herbicida, pois a época está relacionada ao modo de ação, a seletividade, ao residual, entre outros fatores do mesmo, que ditarão quais produtos podem ser utilizados sem causar interferências negativas. Normalmente, apesar de realizar o controle de plantas invasoras em pré-plantio na operação de manejo para o plantio direto, sempre ocorre uma nova infestação durante o estabelecimento da cultura, tornando-se necessário o controle em pós-emergência das plantas daninhas e da cultura. Entretanto, a pouca quantidade de herbicidas recomendados para este segmento pode ser um fator limitante, já que além de eficazes no controle das plantas daninhas estes devem ser seletivos.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a seletividade e a eficácia agrônômica do novo herbicida tolpiralate, aplicado em pós-emergência da cultura do milho e das plantas daninhas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho alcançou a produção total de mais de um bilhão de toneladas métricas, em uma área cultivada de quase 200 milhões de hectares no ano de 2020, sendo considerado o cereal mais cultivado e consumido no mundo. A área dedicada para sua produção e seu rendimento por unidade de área têm aumentado constantemente, devido a diversas tecnologias utilizadas, o que garante a elevação da produção mundial. Em 2020, cerca de 70 e 63 milhões de hectares foram plantados com milho na América e na Ásia, respectivamente (FAO, 2020).

Todo continente americano produz quase 55% da produção mundial, seguido pela Ásia, Europa e Oceania. Os Estados Unidos são responsáveis por produzirem 32% do total mundial, seguido pela China (22%), Brasil (9,5%) e Argentina (4,3%), segundo USGC (2021).

Além de ser um dos cereais de maior cultivo em todos os continentes, é uma das culturas mais importantes para o Brasil devido à sua lucratividade, extensa área de cultivo e uso como alimento humano e animal bem como matéria-prima na indústria (Benedeti et al., 2016). O desenvolvimento de híbridos mais produtivos, resistentes a pragas, doenças e herbicidas, o uso de novas tecnologias relacionadas à adubação e correção dos solos, são elementos cruciais para a elevação da produtividade da cultura e tem sido o foco de várias linhas de pesquisa. Boas práticas de manejo associadas a época e condições ideais são essenciais para o sucesso da cultura, garantindo o estabelecimento adequado das plantas no campo.

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MILHO

O Brasil está em terceiro lugar entre os maiores produtores de milho do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. A previsão para a safra 2022/23 é de um aumento de 16,6% em relação à safra anterior, totalizando uma produção de 131,9 milhões de toneladas de milho. Essa elevação na produção total é resultado da extensão da área plantada destinada a cultura e aumento de produtividade, com projeção de 3,2% e 13%, respectivamente (Conab, 2023).

Em relação à safra 2022/2023, o Brasil superou os Estados Unidos como maior exportador de milho do mundo, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

(USDA). Algo que não acontecia desde 2013, quando os EUA sofreram uma seca devastadora que acarretou grandes perdas na produção.

Ainda sobre as projeções da USDA, o Brasil exportou 56 milhões de toneladas de milho na safra 2022/2023, que se encerrou em 31 de agosto, enquanto os EUA venderam 41,277 milhões de toneladas, contribuindo para um total mundial de aproximadamente 177,5 milhões de toneladas, ou seja, os Estados Unidos, que dominaram o cenário por mais um século, representaram 23% das exportações globais de milho, sendo superado pelo Brasil, que alcançou a incrível marca de 32% do total, aproximadamente.

2.3 PLANTAS DANINHAS

No âmbito da agricultura, planta daninha é todo vegetal que tem seu crescimento onde não é desejada, segundo Shaw (1956), e Blanco (1972), são plantas que interferem negativamente, direta ou indiretamente, na produtividade das plantas de interesse do homem, naquela circunstância, portanto também deve ser enquadrado como tal, culturas que vegetam espontaneamente em lavouras seguintes, denominada de tiguera.

Várias plantas daninhas tem a capacidade de germinar, de maneira descontínua, sendo capazes de se reproduzirem nos mais variados ambientes, sendo dotadas de adaptações especiais para disseminação a curta e longa distância e, normalmente apresentam rápido crescimento vegetativo e florescimento. Além disso, estas plantas desenvolvem mecanismos especiais que dão mais vantagens na competição por sua sobrevivência, como alelopatia, hábito trepador e outras, ou seja, muitas delas possuem ampla capacidade adaptativa, o que dificulta seu controle (Pitelli, 1987).

Existem diversos métodos que visam controlar as plantas daninhas nas culturas; entre eles encontram-se os mecânicos, os culturais e o uso de produtos químicos. No milho, o controle químico tem sido muito utilizado em função do seu grande rendimento operacional e devido à desvantagem dos métodos mecânicos que não podem ser adotados nos períodos mais chuvosos (Carvalho et al., 2001).

Um grande problema do controle químico é que o uso repetitivo de herbicidas para controle é um exemplo de evolução, favorecendo a pressão de seleção de alguns indivíduos em relação a outros. De modo geral, uma espécie que melhor se adapta a uma determinada prática cultural é selecionada e propagada (Holt; Lebaron, 1990), dessa forma, muitas espécies de plantas daninhas obtiveram resistência a vários produtos conhecidos. Por isso é de extrema importância o uso rotativo de herbicidas, com diferentes ingredientes ativos e mecanismos de ação.

2.4 SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PÓS EMERGERNTES

A seletividade do herbicida é fundamental para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, sendo sua base. É considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Se maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação (Oliveira Jr., 2001).

Esta seletividade está relacionada à tolerância diferencial, sendo um fator relativo e particularmente característico para uma determinada interação herbicida-planta daninha-cultura-condições edafoclimáticas. Portanto, talvez o mais correto fosse julgar se determinado tratamento, e não um herbicida especificamente, é seletivo para determinada cultura. Por tratamento seletivo entende-se aquele que controla plantas daninhas sem afetar seriamente aquelas que são de interesse (culturas) (Oliveira Jr., 2001).

Entre os fatores que determinam a seletividade encontram-se: i) fatores relacionados às características do herbicida, ou ao método de aplicação como dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à absorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada à translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial (detoxificação); iii) antídotos (Oliveira Jr., 2001a).

O herbicida a ser empregado deverá ser seletivo para a cultura não causando injúrias ao milho, no sistema aéreo e radicular, pois muitas condições de uso podem causar distintos efeitos fitotóxicos. Dessa forma se faz fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas sobre o desempenho da cultura de milho, independente da sua eficiência no controle de plantas daninhas. Sendo muito importante conhecer a fenologia da cultura e os momentos de definição do potencial de produção (López-Ovejero, 2000).

Alguns autores observaram sensíveis reduções de produtividade em lavouras de milho provocadas por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura, principalmente quando os mesmos foram aplicados após a emissão da sexta ou sétima folha do referido cereal (López-Ovejero et al., 2003).

Até 1995 só existiam herbicidas recomendados em pré-plantio incorporado e de pré-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura de milho, limitando de certa forma a adoção do plantio direto pelo agricultor (Silva; Melhorança, 1991; Franco, 2003). Para a solução desse problema surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos

herbicidas recomendados em pós-emergência, sendo que, com a entrada das sulfoniluréias no mercado brasileiro, foi facilitado o controle de plantas daninhas na cultura, especialmente as da classe das folhas estreitas (Franco, 2003). Christoffoleti e Mendonça (2001), defendem que a utilização dos herbicidas aumentou bastante nos últimos anos. No entanto, o aumento de áreas aplicadas com herbicidas pós-emergentes tem alguns questionamentos que devem ser feitos, primeiramente com relação à seletividade e época de aplicação do herbicida em relação ao estágio fenológico da cultura, se o momento de aplicação for incorreto, a produtividade da cultura pode ser reduzida pela injúria causada pelo herbicida na cultura; em seguida deve ser questionado acerca do estágio de desenvolvimento da planta daninha, o qual deve ser aplicada com elas em estágio de maior suscetibilidade aos herbicidas.

2.5 A ENZIMA 4-HIDROXIFENIL-PIRUVATO-DIOXIGENASE (HPPD)

A 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase (HPPD) é uma enzima onipresente, não heme-oxigenase envolvida no catabolismo do aminoácido tirosina (Hamprecht et al., 2012). Além disso, é uma enzima chave na síntese de homogentisato, precursor da plastoquinona, tocoferol e carotenoides em plantas (MORAN, 2005). Mais especificamente, HPPD catalisa a conversão de 4- hidroxifenilpiruvato (HPP) em homogentisato em uma reação complexa que envolve descarboxilação da cadeia lateral de 2-ceto ácido de HPP, seguida pela hidroxilação do anel aromático e o rearranjo do grupo 1,2 carboximetil, onde a reação consome uma molécula de oxigênio, liberando dióxido de carbono (Jefford; Cadby, 1981; Fritze et al., 2004).

O tocoferol elimina as espécies reativas de oxigênio derivadas da fotossíntese, prevenindo a peroxidação lipídica (Maeda; Dellapenna, 2007). A utilização de mutantes deficientes demonstrou que o tocoferol também desempenha papel em outros processos fisiológicos importantes, como germinação, crescimento e senescência foliar (Falk; Munné-Bosch, 2010). A plastoquinona apresenta duas importantes funções no metabolismo vegetal, atuando como receptor de elétrons para a enzima fitoeno desaturase (PDS), envolvida na biossíntese de carotenoides, bem como, a alternância entre a reduzida e oxidada no transporte de elétrons do fotossistema II, mais especificamente entre a proteína D1 e o complexo citocromo B6F (Ruiz-Sola; Rodríguez-Concepción, 2012).

A inibição da enzima HPPD, e conseqüentemente a inibição da síntese de plastoquinona, acarreta na interrupção da síntese de carotenoides que atuam protegendo o cloroplasto através da dissipação do excesso de energia das clorofilas, evitando a formação de

clorofila triplete, oxigênio singlete, e conseqüentemente a peroxidação lipídica (Lee et al., 1998). Por outro lado, a falta de plastoquinona reduz o fluxo de elétrons, sobrecarregando o FSII e formando espécies reativas de oxigênio (Trebst et al., 2004).

O sistema antioxidante enzimático, no qual inclui as enzimas superóxido redutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), atuam para manter a homeostase celular. A enzima SOD catalisa a dismutação do ânion superóxido ($O_2^{\bullet-}$) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio molecular (O_2) (Carvezan et al., 2019); a partir de então, várias outras enzimas antioxidantes, atuam sobre o H_2O_2 . As CATs catalisam a redução direta do H_2O_2 a H_2O e O_2 , enquanto as APXs eliminam o H_2O_2 com o uso de ascorbato (Carvezan et al., 2019). A perda de tocoferóis, carotenoides, clorofilas e plastoquinona, devido a inibição da HPPD em plantas suscetíveis resulta na produção excessiva de espécies reativas de oxigênio, acima da capacidade de dissipação das células vegetais, desencadeando o estresse oxidativo, que resulta na peroxidação lipídica, rompimento das membranas celulares e, por fim, à morte de plantas suscetíveis (Van Almsick, 2009).

2.6 HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA 4-HIDROXIFENIL-PIRUVATO-DIOXIGENASE (HPPD)

Na cultura do milho, a resistência de plantas daninhas a herbicidas impulsionou o emprego de herbicidas inibidores da hidroxifenil piruvato dioxigenase (HPPD), uma vez que a utilização destes herbicidas vem aumentando nos últimos anos no Brasil (Faria et al., 2019). Os herbicidas inibidores da HPPD na cultura do milho apresentam amplo espectro de controle de plantas daninhas mono e eudicotiledôneas, flexibilidade no tempo de aplicação, possibilidade de uso em misturas com compostos pertencentes aos principais mecanismos de ação herbicidas e capacidade de sinergismo com herbicidas inibidores do fotossistema II (Abendroth et al., 2006).

Os inibidores da HPPD representam uma das mais recentes classes de herbicidas para o controle de plantas daninhas de folhas largas e gramíneas em cereais (Matringe et al., 2005). Eles pertencem a uma série de compostos estruturalmente diversos que os permitem ser agrupados em isoxazóis, pirazolonas e tricetonas (Ahrens et al., 2013). Pirazolinato foi o primeiro herbicida inibidor da HPPD a ser comercializado no final dos anos 70 para manejo de plantas daninhas anuais e perenes em arroz, embora seu modo de ação não estivesse esclarecido até o momento do lançamento (Hamprecht, et al., 2012).

O mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da HPPD somente foi elucidado no início dos anos 90, quando se verificou que a tricetona nitisinona era um potente inibidor da

enzima HPPD isolada de camundongos e mamíferos (Lindstedt et al., 1992). Estudos genéticos e bioquímicos subsequentes, demonstraram que os compostos estruturalmente relacionados tricetona, isoxazol e pirazolona eram inibidores competitivos da enzima HPPD em plantas (Mitchell et al., 2001; Grossmann; Ehrhardt, 2007). O modo preciso de ação dos inibidores de HPPD foi confirmado através de estudos de co-cristalografia revelando papéis centrais desempenhados por dois resíduos de fenilalanina na ligação de compostos benzoilpirazole à enzima alvo (Fritze et al., 2004; Yang et al., 2004).

Atualmente, os quatro principais herbicidas inibidores da HPPD são mesotrione, isoxaflutole, tembotrione e topramezone, os quais mundialmente representam mais de 80% do mercado de herbicidas inibidores da HPPD (Kaundun et al., 2017). Destes, somente mesotrione, tembotrione e isoxaflutole são comercializados no Brasil.

2.7 MECANISMO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS UTILIZADOS

2.7.1 Mesotrione

O herbicida mesotrione [2-(4-mesyl-2-nitrobenzoyl)cyclohexane-1,3-dione], pertencente ao grupo químico das Tricetonas, é um pós emergente, seletivo para a cultura do milho, tem ação sistêmica e é indicado para o controle de diversas espécies de plantas daninhas eudicotiledôneas e gramíneas (Johnson; Young; Matthews, 2002; Oliveira Jr., 2011; Silva; Silva, 2007). O mesotrione inibe a biossíntese de carotenoides. Isto acontece porque esse herbicida interfere negativamente na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos (Oliveira Jr., 2011; Silva; Silva, 2007). Os sintomas de intoxicação do mesotrione em plantas sensíveis consistem no branqueamento das folhas, com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais, que normalmente ocorre no intervalo de 1 a 2 semanas após aplicação do herbicida.

2.7.2 Tembotrione

O herbicida tembotrione (2-[2-chloro-4-(methylsulfonyl)-3-[(2,2,2-trifluoroethoxy)methyl]- benzoyl]-1,3- cyclohexanedione) é um pós-emergente, seletivo e sistêmico. Tem apresentado desempenho satisfatório no controle de plantas daninhas na cultura do milho, incluindo milho de campo, milho em grão, pipoca e milho doce.

Esse herbicida é capaz de inibir a atividade do 4-hidroxi-Enzima fenilpiruvato dioxigenase (4- HPPD) em várias espécies de plantas daninhas, sendo um catalisador de

enzimas do aminoácido tirosina, que é comum e essencial em todas as formas de vida aeróbicas. Uma vez que inibe a atividade da 4-HPPD, interrompe a biossíntese de pigmentos carotenoides em plantas suscetíveis, causando sintomas típicos de branqueamento nas folhas emergentes de espécies suscetíveis, devido à redução de carotenoides, que priva a clorofila de proteção contra a luz, resultando na sua oxidação (Schulte; Köcher, 2009).

2.7.3 Tolpiralate

O tolpiralate, pertencente ao grupo químico benzoylpyrazole, é um novo herbicida de ação sistêmica, seletivo e de pós-emergência desenvolvido para o controle de plantas daninhas no milho. O tolpiralate tem como alvo a 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (4-HPPD), que está envolvida na via de degradação da tirosina. A inibição da enzima destrói a clorofila, matando assim plantas daninhas suscetíveis.

2.8 ÓLEO ADJUVANTE UTILIZADO (AUREO)

O Aureo é um óleo adjuvante muito utilizado, podendo ser usado de várias formas, conforme disposto: ‘Aureo é um óleo vegetal emulsionável para uso como adjuvante, recomendado para ser adicionado à calda dos herbicidas, fungicidas, inseticidas que requerem o uso de produtos com esta finalidade. Seu ingrediente ativo é éster metílico de óleo de soja, numa concentração de 720 g/L. Pode ser aplicado com pulverizadores costal manual ou motorizado, de tração, tratorizada ou aplicação aérea, em função do produto com o qual será adicionado. Os tipos de bicos, densidade de gotas, tamanho de gotas e pressão de trabalho devem seguir as indicações de uso do produto com o qual ele será adicionado (Bayer).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E DATA

O experimento foi desenvolvido no período de novembro/2022 a março/2023, em área irrigada da Fazenda de Ensino e Pesquisa (FEPE) da FEIS-UNESP, localizada no município de Selvíria, MS, enquadrada em região de Cerrado, no Mato Grosso do Sul. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho textura argilosa, com 47% de argila, 8% de silte e 45% de areia. As coordenadas da área experimental são 20°20'34"S de latitude e 51°24'02"O de longitude.

3.2 HÍBRIDO E TRATOS CULTURAIS

O híbrido de milho utilizado foi o FS575PWU, semeado mecanicamente em 21/11/2022, no espaçamento de 0,90 m entrelinhas e lotação de 60 mil plantas/ha. A semeadura foi realizada convencionalmente com uma aração e duas gradagens. A emergência ocorreu em oito dias.

Os tratos culturais realizados na área experimental foram os normais exigidos pela cultura no que diz respeito às adubações, irrigações e controle de pragas e doenças. A adubação foi realizada na semeadura, utilizando-se a fórmula comercial 8-28-16 + 0,3% de Zinco à base de 250 kg/ha, e adubação de cobertura, aos 30 dias após a emergência, com 220 kg/ha da fórmula 20-0-20.

Os herbicidas selecionados para o teste experimental foram aplicados aos 21 dias após a semeadura em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas.

3.3 TRATAMENTOS

3.3.1 Herbicidas e doses utilizadas

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento em milho. Selvíria-MS (2023).

TRATAMENTOS	produto comercial / ha	ingrediente ativo (g/ha)
1- Testemunha no mato	--	--
2- Testemunha no limpo	--	--
3- tolpirilate + Aureo	0,075 L + 0,5%	30
4- tolpirilate + Aureo	0,100 L + 0,5%	40
5- tolpirilate + Aureo	0,125 L + 0,5%	50
6- tolpirilate + Aureo	0,150 L + 0,5%	60
7- mesotrione + Aureo	0,300 L + 0,5%	144
8- tembotrione + Aureo	0,240 L + 0,5%	100,8

Época de Aplicação: 21 DAS (Dias Após a Semeadura). Aureo: Adjuvante.

3.3.2 Delineamento experimental e dimensão das parcelas

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com oito tratamentos e quatro repetições. Cada parcela constou de 5 linhas com 5,0 m de comprimento por 4,5 m de largura, totalizando 22,5 m². A área total do experimento (32 parcelas x 22,5 m²) foi de 720 m².

3.3.3 Descrição dos herbicidas

1º) Ingrediente ativo: tolpiralate (em fase de registro)

Grupo químico: benzoylpyrazole

Formulação: Suspensão Concentrada

Concentração do ingrediente ativo: 400 g / L

Classe: herbicida seletivo

Toxicidade: classe toxicológica V (improvável de causar dano agudo).

2º) Ingrediente ativo: mesotrione (Callisto)

Nome químico: 2-(4-mesy-2-nitrobenzoyl) cyclohexane-1,3-dione

Formulação: Suspensão Concentrada

Concentração do ingrediente ativo: 480 g / L

Classe: herbicida seletivo

Toxicidade: classe toxicológica III (medianamente tóxico).

Fabricante: Syngenta.

3º) Ingrediente ativo: tembotrione (Soberan)

Nome químico: 2-{2-chloro-4-mesy-3-[(2,2,2-trifluoroethoxy)methyl]benzoyl}cyclohexane-1,3-dione

Formulação: Suspensão Concentrada

Concentração do ingrediente ativo: 420 g / L

Classe: herbicida seletivo

Toxicidade: classe toxicológica III (medianamente tóxico).

Fabricante: Bayer.

3.4 TECNOLOGIA E ÉPOCA DE APLICAÇÃO

As aplicações dos herbicidas foram realizadas com um pulverizador costal com pressão constante (CO₂) de 40 lb/pol², provido de tanque com capacidade de dois litros (garrafas descartáveis) e com barra equipada com quatro bicos do tipo leque, marca Teejet 110.03 XR, espaçados de meio metro. O volume de calda aplicado foi de 200 litros por hectare.

As aplicações foram realizadas em pós-emergência das plantas daninhas no dia 12/12/2022 (21 dias após a semeadura da cultura, estágio V3) das 18:00 às 18:30 horas. Na ocasião, o solo encontrava-se com umidade e ventava pouco (ventos < 2 km/h), a temperatura do ambiente observada no início das aplicações foi de 28°C e UR do ar de 65%. As plantas daninhas encontravam-se em pleno vigor vegetativo com as gramíneas na fase de pré-perfilhamento e as dicotiledôneas com 2 a 4 folhas.

3.5 AVALIAÇÕES

A avaliação de seletividade dos tratamentos foi realizada através de uma escala visual em porcentagem de injúria onde 0% = nenhum sintoma e 100% = morte total da cultura, semanalmente até os 42 dias após emergência da cultura.

A avaliação de eficácia no controle das plantas daninhas foi realizada aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAA (Dias Após a Aplicação), utilizando-se uma escala visual onde 0% = nenhum controle e 100% = controle total das plantas daninhas. Considerou-se como eficiente o controle superior a 80%, conforme metodologia proposta por SBCPD (1995).

A estimativa de produtividade da cultura foi realizada em 17/03/2023 (116 dias após a semeadura), avaliando-se as plantas da área útil (1,8 m² central de cada parcela) e os dados foram analisados estatisticamente através do teste de Tukey à 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ervas daninhas avaliadas no experimento estão apresentadas na Tabela 2. E os dados de controle estão nas Tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 2. Infestação das plantas daninhas nas testemunhas. Selvíria-MS (2023).

PLANTA DANINHA	Infestação Média na Testemunha						número de plantas/m ²
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA	
capim-colonião	10,0	12,0	12,0	15,0	20,0	20,0	15
capim-pé-de-galinha	10,0	10,0	11,0	12,0	12,0	12,0	10
corda-de-viola	10,0	10,0	12,0	12,0	15,0	17,0	10
caruru	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0	11,0	14
TOTAL	40,0%	42,0%	45,0%	50,0%	58,0%	60,0%	49

número de plantas/m²: avaliação realizada aos 30 DAA, no centro da parcela.

DAA = Dias Após a Aplicação.

capim-colonião (*Panicum maximum*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), corda-de-viola (*Ipomoea nil*), caruru (*Amaranthus hybridus*).

Tabela 3. Eficácia no controle de capim-colonião. Selvíria-MS (2023).

TRATAMENTOS	dose (p.c./ha)	% de Controle de <i>Panicum maximum</i>					
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA
1- Testemunha no mato	--	0,0 e	0,0 e	0,0 e	0,0 e	0,0 e	0,0 f
2- Testemunha no limpo	--	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
3- tolpirilate + Aureo (5%)	0,075 L	52,5 d	25,0 d	22,5 d	17,5 d	15,0 d	15,0 e
4- tolpirilate + Aureo (5%)	0,100 L	58,8 d	47,5 c	40,0 cd	35,0 c	31,3 c	28,8 cd
5- tolpirilate + Aureo (5%)	0,125 L	77,5 bc	62,5 bc	52,5 bc	42,5 c	36,3 bc	30,0 cd
6- tolpirilate + Aureo (5%)	0,150 L	82,5 bc	72,5 b	67,5 b	60,0 b	47,5 b	40,0 c
7- mesotrione + Aureo (5%)	0,300 L	76,3 c	65,0 bc	42,5 c	33,8 cd	27,5 cd	17,5 de
8- tembotrione + Aureo	0,240 L	93,8 ab	91,3 a	91,3 a	90,0 a	86,3 a	82,5 b
	Média Geral	67,7	58,0	52,0	47,3	43,0	39,2
	Teste F (tratamentos)	78,4**	74,2**	68,4**	88,6**	124,3**	152,0**
	Coefficiente de Variação	10,6%	13,3%	15,6%	15,4%	14,3%	14,3%
	DMS (5%)	17,0	18,3	19,3	17,3	14,6	13,3

Adjuvante = Aureo. DAA= Dias Após a Aplicação

Estatística: resultados seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 4. Eficácia no controle de capim-pé-de-galinha. Selviria-MS (2023).

TRATAMENTOS	dose (p.c./ha)	% de Controle de <i>Eleusine indica</i>					
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA
1- Testemunha no mato	--	0,0 f	0,0 f	0,0 f	0,0 d	0,0 g	0,0 e
2- Testemunha no limpo	--	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
3- tolpiralate + Aureo (5%)	0,075 L	61,3 e	58,3 e	57,3 e	54,3 c	51,8 f	50,5 d
4- tolpiralate + Aureo (5%)	0,100 L	69,3 de	66,5 d	65,5 d	63,8 c	62,0 e	60,5 cd
5- tolpiralate + Aureo (5%)	0,125 L	78,3 bc	77,5 bc	74,8 c	73,8 b	73,0 cd	69,5 c
6- tolpiralate + Aureo (5%)	0,150 L	85,8 b	84,8 b	83,5 b	82,3 b	81,3 bc	80,5 b
7- mesotrione+Aureo (5%)	0,300 L	73,8 cd	70,5 cd	68,0 cd	64,3 c	63,8 de	62,0 c
8- tembotrione+ Aureo (5%)	0,240 L	95,5 a	94,0 a	93,3 a	91,5 a	90,3 b	90,0 ab
	Média Geral	70,5	68,9	67,8	66,6	65,2	64,1
	Teste F (tratamentos)	329**	412**	422**	248**	233**	201**
	Coefficiente de Variação	4,9%	4,4%	4,4%	5,8%	6,2%	6,7%
	DMS (5%)	8,2	7,3	7,1	9,2	9,5	10,2

Adjuvante = Aureo. DAA= Dias Após a Aplicação

Estatística: resultados seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 5. Eficácia no controle de corda-de-viola. Selviria-MS (2023).

TRATAMENTOS	dose (p.c./ha)	% de Controle de <i>Ipomoea nil</i>					
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA
1- Testemunha no mato	--	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 d	0,0 d
2- Testemunha no limpo	--	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
3- tolpiralate + Aureo (5%)	0,075 L	50,0 c	35,0 b	30,0 b	26,3 b	22,5 c	17,5 c
4- tolpiralate + Aureo (5%)	0,100 L	50,0 c	35,0 b	30,0 b	23,8 b	21,3 c	16,3 c
5- tolpiralate + Aureo (5%)	0,125 L	58,8 c	37,5 b	30,0 b	22,5 b	21,3 c	16,3 c
6- tolpiralate + Aureo (5%)	0,150 L	65,0 bc	37,5 b	30,0 b	22,5 b	21,3 c	15,0 c
7- mesotrione + Aureo (5%)	0,300 L	91,3 a	97,5 a	97,5 a	97,5 a	97,5 a	97,5 a
8- tembotrione+Aureo (5%)	0,240 L	85,0 ab	92,5 a	90,0 a	87,5 a	82,5 b	81,3 b
	Média Geral	62,5	54,4	50,9	47,5	45,8	43,0
	Teste F (tratamentos)	48,7**	116**	127**	200**	262**	303**
	Coefficiente de Variação	14,5%	12,6%	13,5%	12,0%	10,9%	11,3%
	DMS (5%)	21,5	16,3	16,3	13,5	11,8	11,5

Adjuvante = Aureo. DAA= Dias Após a Aplicação

Estatística: resultados seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 6. Eficácia no controle de caruru. Selviria-MS (2023).

TRATAMENTOS	dose (p.c./ha)	% de Controle de <i>Amaranthus hybridus</i>					
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA
1- Testemunha no mato	--	0,0 f	0,0 g	0,0 f	0,0 f	0,0 f	0,0 e
2- Testemunha no limpo	--	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
3- tolpiralate + Aureo (5%)	0,075 L	69,0 e	66,0 f	66,0 e	64,0 e	62,5 e	60,5 d
4- tolpiralate + Aureo (5%)	0,100 L	72,8 e	71,5 e	70,0 e	68,3 e	67,3 e	65,5 d
5- tolpiralate + Aureo (5%)	0,125 L	81,5 d	79,8 d	78,8 d	77,0 d	75,5 d	75,0 c
6- tolpiralate + Aureo (5%)	0,150 L	88,3 c	86,0 c	85,0 c	84,0 c	82,3 c	81,0 c
7- mesotrione + Aureo (5%)	0,300 L	95,0 b	94,0 b	93,0 b	91,5 b	90,5 b	90,0 b
8- tembotrione+Aureo (5%)	0,240 L	89,5 c	87,8 c	86,3 c	85,5 c	83,0 c	81,5 c
	Média Geral	74,5	73,1	72,4	71,3	70,1	69,2
	Teste F (tratamentos)	1074*					
		*	806**	590**	830**	485**	366**
	Coefficiente de Variação	2,6%	3,0%	3,6%	3,0%	4,0%	4,6%
	DMS (5%)	4,6	5,3	6,0	5,1	6,6	7,6

Adjuvante = Aureo. DAA= Dias Após a Aplicação

Estatística: resultados seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Observa-se pelos dados de controle que, o herbicida tolpiralate (0,150 L/ha) + Aureo (0,5% v/v) foi eficiente no controle de *Eleusine indica* proporcionando níveis médios de controle de 80,5% e no controle de *Amaranthus hybridus* proporcionando níveis médios de controle de 81,0%, aos 42 DAA. Nas demais doses (0,075; 0,100 e 0,125 L/ha) o herbicida foi pouco eficaz no controle das plantas daninhas.

O tratamento mesotrione (0,300 L/ha) + Aureo (0,5% v/v) proporcionou médias de controle de 97,5% para *Ipomoea nil* e 90,0% para *Amaranthus hybridus*, aos 42 DAA. Para as espécies *Panicum maximum* e *Eleusine indica* o herbicida foi pouco eficiente.

O tratamento tembotrione (0,240 L/ha) + Aureo (0,5% v/v) proporcionou médias de controle de 82,5% para *Panicum maximum*, 90,0% *Eleusine indica*, 81,3% para *Ipomoea nil* e 81,5% para *Amaranthus hybridus*, aos 42 DAA.

Quanto à seletividade dos tratamentos à cultura, os dados não foram apresentados, pois não foram observados sintomas visuais de fitotoxicidade às plantas de milho. Os dados médios de produtividade da cultura estão apresentados na Tabela 7.

Nos dados de produtividade, observa-se que a ocorrência das plantas daninhas proporcionou diferenças significativas nos resultados. Os tratamentos mais eficazes proporcionaram melhores produtividades.

Tabela 7. Dados médios de produtividade do milho. Selviria-MS (2023).

TRATAMENTOS	p.c. / ha	Produtividade (kg /ha)
1- Testemunha no mato	--	2592,3 c
2- Testemunha no limpo	--	6228,8 a
3- tolpiralate + Aureo (5%)	0,075 L	2796,5 c
4- tolpiralate + Aureo (5%)	0,100 L	3497,5 c
5- tolpiralate + Aureo (5%)	0,125 L	3511,5 bc
6- tolpiralate + Aureo (5%)	0,150 L	4201,3 bc
7- mesotrione + Aureo (5%)	0,300 L	5072,8 ab
8- tembotrione + Aureo (5%)	0,240 L	6207,8 a
	Média Geral	4229,2
	Teste F (tratamentos)	15,7**
	Coeficiente de Variação	17,4%
	DMS (5%)	1745,5

Estatística: resultados seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

5 CONCLUSÕES

O herbicida tolpiralate + Aureo (0,5% v/v), nas doses de 0,075; 0,100; 0,125 e 0,150 L/ha, foi seletivo às plantas do milho híbrido FS575PWU. Na dose de 0,150 L/ha é eficiente no controle de *Eleusine indica* e *Amaranthus hybridus*.

O tratamento mesotrione (0,300 L/ha) + Aureo (0,5% v/v) foi eficaz no controle de *Ipomoea nil* e *Amaranthus hybridus*. Para as espécies *Panicum maximum* e *Eleusine indica* o herbicida foi pouco eficiente.

O tratamento tembotrione (0,240 L/ha) + Aureo (0,5% v/v) foi eficaz para *Panicum maximum*, *Eleusine indica*, *Ipomoea nil* e *Amaranthus hybridus*.

Na produtividade da cultura do milho, as diferenças ocorreram em decorrência da eficácia dos tratamentos no controle das plantas daninhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUREO: Concentrado Emulsionável (EC). Bayer S.A. - Belford Roxo: Bayer S/A. Bula do agrotóxico. Disponível em: <http://www.pontualagronegocios.com.br/media/pdf/Aureo-Bula.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

AGROLINK. **Brasil assume o topo como maior exportador global de milho**. Agrolink, [2023]. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/brasil-assume-o-topo-como-maior-exportador-global-de-milho_483142.html. Acesso em: 20 jan. 2024.

CARVALHO, F. T.; GALLI, A. J. B. **Nova formulação de alachlor na seletividade e no controle de plantas daninhas na cultura do milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS. 1993.

CARVALHO, L. B. de. **Herbicidas**. Lages, 1ª Edição. 2013. Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/leonardobiancodecarvalho/livro_herbicidas.pdf. Acesso em: 24 jan. 2024.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MENDONÇA, C. G. de. **Controle de plantas daninhas na cultura de milho: enfoque atual**. In: FACELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) *Milho: tecnologia e produtividade*. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001.

CONAB. **Boletim safra de grãos**. Conab, [2024]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 29 jan. 2024.

KARAM, D.; CRUZ, M. B. da; RIZZARDI, M. A. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30122/1/Manejo-plantas.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2024.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes situações de manejo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior e Agricultura “Luiz e Queiroz”, Piracicaba, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-27042005-135538/publico/marcelo>. Acesso em: 15 dez. 2023.

PACHECO, Á. A. T. A. **Eficiência dos herbicidas atrazine e mesotrione, em aplicações isoladas e em misturas, no controle de plantas daninhas na cultura do milho**. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/23171/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2023.

PITELLI, R. A. **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.1 – 24, Set. - 1987. Disponível em: <http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/8%20-%20Leitura%20interferencia%20das%20plantas%20daninhas%200.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2023.

ROMAN, E. S. R. et al. **Como funciona os herbicidas da biologia à aplicação**. Passo fundo: Gráfica Editora Berthier 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/12492345/Como+funcionam+os+herbicidas/954b0416-031d-4764-a703-14d9b28b178e?version=1.0>. Acesso em: 17 dez. 2023.

SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995.

SILVA, J. B.; PIRES, N. M. **Controle de plantas daninhas para a cultura do milho**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 14, n. 164, p. 17-20, 1990.

SOUSA, E. M. **Tolerância de linhagens de milho irrigado ao herbicida tembotrione**. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2011/1/disserta%c3%a7%c3%a3o_Eliel%20Matheus%20Sousa.pdf. Acesso em: 07 jan. 2024.

TSUKAMOTO, M. et al. Discovery and structure optimization of a novel corn herbicide, tolpyralate. **Journal of Pesticide Science**, Vol. 46, n. 2, 152-159, 2021. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics/46/2/46_D20-031/_pdf/-char/ja. Acesso em: 14 jan. 2024.