

ÁLVARO AUGUSTO TADEU ALVES PACHECO

**EFICIÊNCIA DOS HERBICIDAS ATRAZINE E MESOTRIONE, EM
APLICAÇÕES ISOLADAS E EM MISTURAS, NO CONTROLE DE
PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

P116e
2018 Pacheco, Álvaro Augusto Tadeu Alves, 1992-
Eficiência dos herbicidas atrazine e mesotrione, em
aplicações isoladas e em misturas, no controle de plantas
daninhas na cultura do milho / Álvaro Augusto Tadeu Alves
Pacheco. – Viçosa, MG, 2018.
vii, 30 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Antônio Alberto da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 24-29.

1. Ervas daninhas - Controle. 2. *Commelina*. 3. *Ipomoea*. 4. *Tridax procumbens*. 5. *Bidens pilosa*. 6. Atrazine (Herbicida). 7. Mesotrione (Herbicida). 8. *Zea mays*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 632.5


ÁLVARO AUGUSTO TADEU ALVES PACHECO

**EFICIÊNCIA DOS HERBICIDAS ATRAZINE E MESOTRIONE, EM
APLICAÇÕES ISOLADAS E EM MISTURAS, NO CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de setembro de 2018.


Christiano da Conceição de Matos


Gustavo Antônio Mendes Pereira


Antonio Alberto da Silva
(Orientador)

DEDICATÓRIA

*À minha querida avó Elza Alves de
Oliveira (in memoriam), por ter mostrado
a simplicidade da vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter guiado meus passos e me mantido firme na caminhada em mais esta etapa da vida.

Agradeço a minha mãe Silvia Alves, por ter me apoiado nas decisões difíceis de serem tomadas.

Aos meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado e acreditaram que eu conseguiria.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) por ter concedido essa oportunidade de participar do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal.

Agradeço também a todos os professores que fizeram parte do projeto, em especial ao meu orientador Antônio Alberto e ao grande professor Marcelo Picanço, que também sempre acreditou e esteve ao meu lado.

Aos colegas da turma, foram dois anos de grande aprendizado, uma boa sorte a todos nós.

Ao Agrocerrado, que me apoiou para que eu pudesse realizar em tempo hábil todas as obrigações do curso.

Obrigado a Todos.

BIOGRAFIA

ÁLVARO AUGUSTO TADEU ALVES

PACHECO, filho de Silvia Alves da Silva e Marcelo José Alves Pacheco, nasceu em 25 de Abril de 1992 no interior de Minas Gerais, na cidade de Patos de Minas. Se formou no ensino médio na Escola Estadual Dona Guiomar de Melo no ano de 2009, e então iniciou seus estudos no curso de Agronomia na Universidade de Patos de Minas (UNIPAM) em 2010 e se formou no final do ano de 2014. Iniciou sua Pós-Graduação no ano de 2015 em Proteção de Plantas na Universidade Federal de Viçosa (UFV), que foi concluída no ano de 2016. Em 2016, iniciou o Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal também pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), o qual foi submetido a defesa da tese no dia 24 de setembro de 2018.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS	24

RESUMO

PACHECO, Álvaro Augusto Tadeu Alves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2018. **Eficiência dos herbicidas atrazine e mesotrione, em aplicações isoladas e em misturas, no controle de plantas daninhas na cultura do milho.** Orientador: Antonio Alberto da Silva.

Uma das opções para evitar a disseminação de plantas daninhas tolerantes e resistentes consiste na utilização de misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. O herbicida atrazine, quando aplicado em mistura com óleo mineral, promove controle eficiente de plantas daninhas dicotiledôneas e controle apenas regular das monocotiledôneas que infestam a cultura do milho. Em razão disso, esse herbicida quando recomendado para uso em pós-emergência, deve ser aplicado misturado com outro herbicida. Um dos herbicidas muito utilizado em mistura com o atrazine tem sido o mesotrione. Todavia, quando se misturam duas moléculas químicas que têm atividade biológica, estas podem interagir promovendo efeitos antagônicos, sinérgicos ou aditivos sobre o organismo alvo. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi conhecer o tipo de interação da mistura dos herbicidas atrazine + mesotrione quando aplicados sobre diferentes espécies de plantas daninhas na cultura do milho. Para isso foi avaliada a eficiência dos herbicidas atrazine e mesotrione, em aplicações isoladas e em misturas, sem adição de óleo mineral a calda, em duas doses (dose comercial e 1,3 vezes a dose comercial), no controle da soja-tiguerá (*Glycine max*) e das plantas daninhas *Ipomoea grandifolia*, *Bidens pilosa*, *Tridax procumbens* e *Commelina benghalensis*. A eficiência de controle dessas espécies variou conforme as doses dos herbicidas e a forma de aplicação, isolado ou em mistura. Constatou-se efeito aditivo da mistura de atrazine + mesotrione no controle das plantas daninhas em ambas as doses analisadas. A aplicação isolada dos herbicidas, independente da dose, promoveu eficiência de controle máximo de 60 % na avaliação feita aos 14 dias após aplicação dos tratamentos. Por outro lado, atrazine + mesotrione na maior dose (2.600 + 124,8 g ha⁻¹) controlou cerca de 80% da comunidade infestante aos 28 dias após aplicação. Conclui-se que há um efeito aditivo da mistura de tanque de atrazine e mesotrione no controle das plantas daninhas. Todavia, a aplicação dessa mistura, sem a adição de óleo mineral na calda, não permite controle satisfatório das plantas daninhas avaliadas.

ABSTRACT

PACHECO, Álvaro Augusto Tadeu Alves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2018. **Efficiency of atrazine and mesotrione herbicides, in isolated applications and in mixtures, for control of weeds in maize.** Advisor: Antonio Alberto da Silva.

One of the options to avoid the spread of tolerant and resistant weeds is the use of mixtures of herbicides with different mechanisms of action. The herbicide atrazine, applied in mixture with mineral oil, promotes efficient control of dicotyledon weeds and only regular control of monocotyledons. Because of this, it is recommended that the application of this herbicide in post-emergence be carried out in mixture with another herbicide. An herbicide widely used in mixture with atrazine has been mesotrione. However, when mixing chemical molecules that have biological activity, they can interact by promoting antagonistic, synergistic or additive effects on the target organism. Thus, the objective of this work was to know the interaction type of atrazine + mesotrione herbicide mixture when applied on different weed species in the maize crop. For this, the efficiency of atrazine and mesotrione herbicides, applied alone and in mixtures, without addition of mineral oil in the herbicides syrup, in two doses (commercial dose and 1.3 times the commercial dose) were evaluated to control of volunteer soybean (*Glycine max*) and the weeds *Ipomoea grandifolia*, *Bidens pilosa*, *Tridax procumbens* and *Commelina benghalensis*. The control efficiency of these plant species varied according to the herbicide's doses and the application form, alone or in mixture. We observed an additive effect of the atrazine + mesotrione mixture on weed control at both doses. The herbicide application, regardless of the dose, promoted a maximum control efficiency of 60% in the evaluation done at 14 days after application of the treatments. On the other hand, atrazine + mesotrione at the highest dose (2,600 + 124,8 g ha⁻¹) controlled about 80% of the weed community at 28 days after application. We concluded that there is an additive effect of atrazine and mesotrione tank mix in weed control. However, the application of this mixture, without the addition of mineral oil in the herbicide syrup, does not allow satisfactory control of the evaluated weeds.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas decorrentes do manejo inadequado das plantas daninhas tem sido a disseminação das espécies tolerantes, a seleção de biótipos resistentes a herbicidas e a contaminação do solo e das águas com esses produtos químicos. Destaca-se também que devido ao clima não favorável em plantios de segunda safra, ocorre aumento do período de estiagem, reduzindo o rendimento de grãos (FRANCHINI et al., 2008).

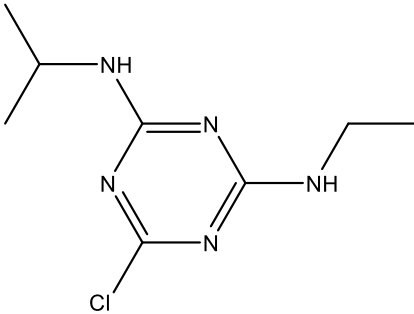
Em um sistema de plantio de segunda safra, há muita dificuldade na seleção de tecnologias para que não haja prejuízos na cultura do milho pela mato-competição (DAN et al., 2012). O uso de herbicidas tem sido a principal forma de controle de plantas daninhas na maioria das culturas de importância econômica. Dentre os agroquímicos, os herbicidas são os mais utilizados na agricultura mundial e no Brasil, correspondendo a mais de 50% do volume total de agrotóxicos comercializados (SINDIVEG, 2016).

Uma das opções para reduzir os riscos ambientais decorrentes do uso de herbicidas consiste no uso de misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Neste caso pode-se prevenir a disseminação das espécies tolerantes e o aparecimento da resistência. Além disso em muitos casos pode-se reduzir a doses do herbicida ser aplicado. A mistura de tanque dos herbicidas atrazine e mesotrione tem sido utilizada com frequência para o manejo de plantas daninhas na cultura do milho.

O atrazine [2-cloro-4-etilamino-6-(isopropilamino)-s-triazina] (Tabela 1) é um herbicida seletivo pertencente ao grupo das triazinas, que atua como um inibidor do transporte de elétrons no fotossistema II (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007). Trata-se do herbicida mais aplicado nos EUA (MUDHOO; GARG, 2011). No Brasil, o atrazine é um dos herbicidas mais antigos e amplamente utilizado nas culturas do milho, trigo, cana-de-açúcar e sorgo (BLANCO; OLIVEIRA, 1987; LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003). Quando aplicado em pós-emergência esse herbicida apresenta ótima eficiência de controle das plantas daninhas mesmo utilizando-se doses menores que aquelas remendadas para uso em pré-emergência (OLIVEIRA JR., 2011; SEDIYAMA et al., 2008). Todavia, para alcançar essa alta eficiência de controle nas aplicações em pós-emergência é necessário adicionar à calda, óleo mineral (OLIVEIRA JR., 2011; SILVA; SILVA, 2007). O controle das plantas daninhas eudicotiledôneas é mais eficiente quando o atrazine é aplicado em plantas daninhas

recém-emergidas (plantas com 1-2 pares de folhas), adicionando-se à calda óleo mineral.

Tabela 1. Fórmula estrutural e características do atrazine

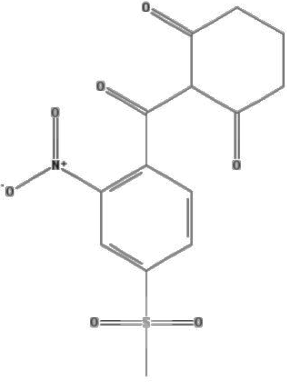
Fórmula estrutural	Características
	Fórmula Molecular: C ₈ H ₁₄ ClN ₅
	Massa Molar (g mol ⁻¹): 215,685
	Base fraca
	Solubilidade em água (mg L ⁻¹): 34,7
	pka = 1,60

O atrazine é eficiente no controle de plantas daninhas eudicotiledôneas, porém apresenta eficácia apenas regular para o controle de diversas monocotiledôneas (OLIVEIRA JR., 2011; SILVA; SILVA, 2007). Em razão dessa característica, a aplicação do atrazine em pós-emergência, normalmente é realizada em misturada com outros herbicidas que apresentem boa ação sobre gramíneas (OLIVEIRA JR., 2011; SILVA; SILVA, 2007). Uma das opções para esta mistura tem sido o mesotrione (ARMEL et al., 2005; WALSH et al., 2012; WOODYARD; HUGIE; RIECHERS, 2009). Todavia, ao se misturar herbicidas em tanque podem ocorrer efeitos sinérgicos, antagônicos ou aditivos (COLBY, 1967). O sinergismo ocorre quando o efeito dos herbicidas aplicados juntos é maior que a soma dos efeitos isolados; o antagonismo quando o efeito dos herbicidas em mistura é menor que a soma dos seus efeitos quando aplicados separadamente e os aditivos quando o efeito dos herbicidas em mistura é igual à soma dos seus efeitos quando aplicados isolados.

O herbicida mesotrione [2-(4-mesyl-2-nitrobenzoyl)cyclohexane-1,3-dione] (Tabela 2), pertencente ao grupo químico das Tricetonas, é 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.

Tabela 2. Fórmula estrutural e características do mesotrione

Fórmula estrutural	Características
	<p>Fórmula Molecular: C₁₄H₁₃NO₇S</p> <p>Massa Molar (g mol⁻¹): 339,318</p> <p>Ácido fraco</p> <p>Solubilidade em água (mg L⁻¹): 1600</p> <p>pka = 3,12</p>

De acordo com López-Ovejero et al. (2003) e Foloni (2002), os herbicidas mesotrione, atrazine e nicosulfuron são seletivos para a cultura do milho. Porém, há uma diferença na tolerância entre híbridos de milho ao nicosulfuron. Alguns híbridos de milho apresentam baixa tolerância ao nicosulfuron e, em razão disso, podem ser intoxicados por esse herbicida com reflexos na produtividade. Isso restringe a recomendação do nicosulfuron para alguns híbridos de milho (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2011). Em razão disso, o mesotrione tornou-se uma alternativa mais seguras para ser misturado ao atrazine no manejo de plantas daninhas, principalmente para os híbridos de milho susceptíveis ao nicosulfuron.

Conhecer a biologia das plantas daninhas é fundamental para direcionar as estratégias mais adequadas no manejo dessas plantas (DIAS et al., 2009). O controle químico da trapoeraba, por exemplo, depende da espécie, sendo que algumas são mais susceptíveis que outras a um determinado herbicida (ROCHA et al., 2007). Além disso, de acordo com De La Vega et al. (2000), o controle de plantas daninhas está diretamente relacionado ao estágio de desenvolvimento em que a mesma se encontra, sendo que plantas jovens são mais suscetíveis a ação dos herbicidas.

A comunidade de plantas daninhas que infesta uma dada área varia com a estação do ano, localidade, tipo de cultura, manejo agrícola, etc. No entanto, há espécies que se adaptam melhor aos diversos usos e manejos dos agroecossistemas e infestam essas áreas com maior frequência. Dentre essas plantas, pode-se destacar a trapoera, corda-de-viola, picão-preto e a erva-de-touro que infestam vários campos

agrícolas no Brasil e no mundo. Essas plantas daninhas vêm sendo selecionadas nos campos agrícolas, principalmente, devido a aplicações sucessivas de glyphosate em uma mesma área e safra (MONQUERO et al., 2004; PROCÓPIO et al., 2007). Além disso, com a adoção do plantio do milho em sucessão a soja, sementes desta cultura que permanecem na área, geminam durante o estabelecimento do milho e tem causado fortes reduções no crescimento do mesmo, quando não controlada (SILVA; FRANCISCHINI, 2013). A soja que infesta outra lavoura, como a de milho, é popularmente conhecida no Brasil como soja-tiguerá (BRAZ et al., 2013; DAN et al., 2009; SILVA; FRANCISCHINI, 2013).

A trapoeraba (*Commelina* spp.) é uma planta monocotiledônea, perene, semi-prostrada, com altura entre 30 e 70 cm em sua fase adulta. Essa planta apresenta pilosidade nas folhas e caule (LORENZI, 2008). Originária do sudeste asiático, a trapoeraba se propaga por sementes e, ou por propágulos provenientes de rizomas. Além disso, em algumas espécies, fragmentos do caule são capazes de dar origem a novas plantas (TUFFI SANTOS et al., 2004). A trapoeraba prefere solos com boa fertilidade e umidade e locais sombreados (LORENZI, 2008). Dentre as espécies de trapoeraba, a mais importante é a *C. benghalensis*, por infestar culturas em muitos países (ROCHA; RODELLA; MARTINS, 2007). Essa espécie foi considerada à planta daninha mais problemática em lavouras de algodão na Geórgia (CULPEPPER et al., 2004). Todavia, existem outras plantas deste gênero, tais como *C. diffusa*, *C. erecta* e *C. villosa*, que se encontram dispersas no território brasileiro (ROCHA; RODELLA; MARTINS, 2007).

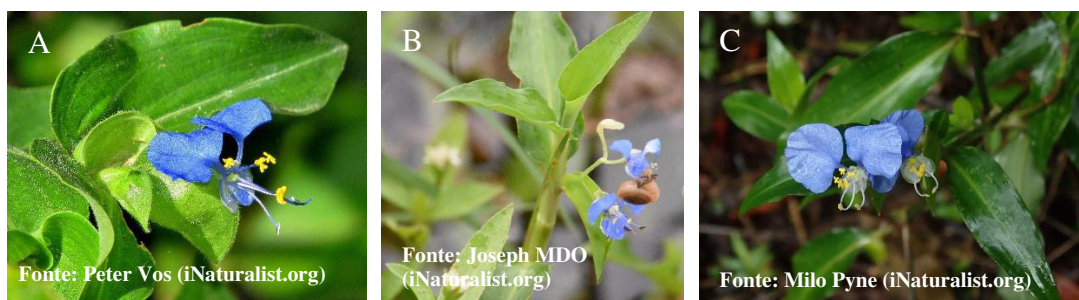


Figura 1. Detalhe de plantas de trapoeraba das espécies, *Commelina benghalensis* L. (A), *C. diffusa* Burm. f. (B) e *C. erecta* L. (C). Imagens disponíveis em www.inaturalist.org/observations/10151990 (A), www.inaturalist.org/observations/12914738 (B) e www.inaturalist.org/observations/9855221 (C).

As espécies de corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) pertencem a família Convolvulaceae, a qual possui 55 gêneros com mais de 650 espécies, porém apenas seis gêneros são realmente infestantes e críticos para a agricultura brasileira (KISSMANN; GROTH, 1999). *Ipomoea nil*, *I. grandifolia*, *I. hederifolia*, *I. ramosissima* e *I. triloba* são exemplos de espécies problemáticas em áreas agrícolas. Essas plantas são anuais, trepadeiras e possuem reprodução por sementes. Em geral preferem solos férteis e trabalhados, tendo boa umidade. As folhas possuem vários formatos e as flores são bastante vistosas e de cor intensa, algumas até sendo utilizadas como plantas ornamentais (AZANIA; HIRATA; AZANIA, 2011; KISSMANN; GROTH, 1999). As espécies de corda-de-viola são sensíveis ao estresse hídrico, sendo normal observar fluxos de emergência intensos após plantio ou colheita no verão, na ausência de umidade as plantas entram em senescência (AZANIA; HIRATA; AZANIA, 2011).



Figura 2. Detalhes de diferentes espécies de corda-de-viola, *Ipomoea nil* (L.) Roth (A), *I. hederifolia* L. (B), *I. ramosissima* (Poir.) Choisy (C) e *I. triloba* L. (D). Imagens disponíveis em www.inaturalist.org/observations/612162 (A), www.inaturalist.org/observations/15766951 (B), www.tropicos.org/Specimen/3436260 (C) e www.inaturalist.org/photos/11252486 (D).

A *Tridax procumbens*, conhecida pelo nome comum “erva-de-touro”, é uma planta anual, herbácea, prostrada ou ascendente, pouco ramificada com enraizamento nos nós que estão em contato com o solo (GYUIMARÃES; SOUZA; PINHO, 2000; KISSMANN; GROTH, 1999). Possui altura média de 20 a 40 cm, é originária da América Central, apresenta folhas simples e opostas com pecíolos curtos. Sua inflorescência é do tipo “capítulo” com flores de coloração amarela. Os aquênios possuem papilho plumoso com cerca de 20 pelos de 5mm, o que facilita sua dispersão pelo vento (KISSMANN; GROTH, 1999). A erva-de-touro se desenvolve melhor em solos arenosos e secos.



Figura 3. Detalhes de erva-de-touro (*Tridax procumbens* L.). Imagens disponíveis em www.inaturalist.org/photos/13460698 e www.inaturalist.org/photos/13460715.

O picão-preto (*Bidens pilosa*) é uma planta anual com até 1,0 m de altura, folhas opostas e pecioladas, com 3 a 7 folíolos, que frequentemente infesta áreas agrícolas em regiões tropicais (HSIAO-MEI; WEN-YUAN, 2014; SANTOS; CURY, 2011). É nativa da América tropical, com maior presença na América do Sul (KISSMANN; GROTH, 1999). Essa planta produz grande quantidade de propágulos, utiliza com alta eficiência os recursos do meio, principalmente água e nutrientes e, por isso, possui alta capacidade competitiva em cultivos (PROCÓPIO et al., 2004; SANTOS; CURY, 2011). As sementes de *B. pilosa* se aderem as roupas, sacarias e pelos de animais com facilidade, sendo assim aumentando sua dispersão. São grandes hospedeiras de nematoides. (KISSMANN; GROTH, 1999). Além disso, *B. pilosa* é capaz de formar associações com a microbiota do solo que pode aumentar a sua capacidade competitiva (MASSENSINI, 2014) e facilitar a invasão de novas áreas, o que dificulta o controle desta planta daninha (SANTOS; CURY, 2011).



Figura 4. Detalhes de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). Imagem disponível em www.inaturalist.org/photos/22728593.

Conhecer os fatores que influenciam no controle químico de plantas daninhas é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias eficientes, de baixo custo e que garanta sustentabilidade econômica e ambiental ao sistema de cultivo. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi confirmar se a mistura dos herbicidas atrazine e mesotrione possui efeitos aditivos, sinérgicos ou antagônicos quando aplicados sobre diferentes espécies de plantas daninhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em áreas de milho safrinha implantadas em fevereiro de 2018 no município de Coromandel, Minas Gerais, nas condições de plantio de sequeiro, após colheita de soja. As sementes do milho híbrido Syngenta Supremo VIP, foram semeadas em espaçamento de 0,5 m entre linhas, utilizando-se 3,25 sementes por metro linear para alcançar um estande de 65.000 sementes ha⁻¹. A adubação de plantio, foi realizada aplicando-se 220 kg ha⁻¹ da formulação comercial de NPK, 13-33-08 Yara. Aos 20 dias após a emergência (DAE) do milho, período no qual a cultura apresentava três folhas verdadeiras (estádio V3), foi realizada a adubação de cobertura por meio da aplicação de 200 kg ha⁻¹ da formulação comercial de NPK, 19-04-19 Yara.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação em pós-emergência, isolada ou em mistura de tanque, dos herbicidas atrazine e mesotrione em duas doses (dose comercial e 1,3 vezes a dose comercial), além da testemunha sem aplicação dos herbicidas, totalizando sete tratamentos (Tabela 3). Cada parcela foi constituída por área de 1,5 m de largura (três linhas de milho) e 31 m de comprimento, totalizando 46,5 m². Nessa pesquisa, optou-se por não adicionar óleo mineral a calda de pulverização com o objetivo de conhecer os efeitos intrínsecos da mistura dos herbicidas, ou seja, se essa mistura por si, apresenta efeito antagônico, aditivo ou sinérgico.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos avaliados no controle de plantas daninhas na cultura do milho. Coromandel, MG. 2018.

Tratamento	Descrição	Produto comercial	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Aplicação (DAE)
Controle	Sem herbicida			
Atrazine D1	Atrazine	Proof®	2.000	20
Mesotrione D1	Mesotrione	Callisto®	96	20
A D1 + M D1	Atrazine + Mesotrione	Proof® + Callisto®	2.000 + 96	20
Atrazine D2	Atrazine	Proof®	2.600	20
Mesotrione D2	Mesotrione	Callisto®	124,8	20
A D2 + M D2	Atrazine + Mesotrione	Proof® + Callisto®	2.600 + 124,8	20

DAE - dias após emergência da cultura.

Aos 18 DAE do milho foi realizado o levantamento das plantas daninhas, para isso, foi utilizado como unidade amostral um quadro (1,0 x 1,0 m), lançado

aleatoriamente dentro de cada parcela, por meio de um caminhamento em zigue-zague. Em cada quadro amostrado (1,0 m²), as plantas foram identificadas e determinada a sua densidade (Tabela 4). As principais plantas daninhas presentes no experimento foram: soja-tiguera (*Glycine max*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), picão-preto (*Bidens pilosa*) e erva-de-touro (*Tridax procumbens*) (Tabela 4, Figura A1 - apêndice).

Tabela 4. Levantamento das espécies de plantas daninhas em 1 m², presentes no experimento. Coromandel, MG. 2018.

Nome comum	Nome científico	Plantas m ⁻²	Estádio de desenvolvimento
Soja-tiguera	<i>Glycine max</i>	2	V2 a V3
Trapoeraba	<i>Commelina benghalensis</i>	2	4 folhas
Corda-de-viola	<i>Ipomoea grandifolia</i>	2	3 a 4 folhas
Erva-de-touro	<i>Tridax procumbens</i>	3	4 a 6 folhas
Picão-preto	<i>Bidens pilosa</i>	2	4 folhas

Os herbicidas foram aplicados aos 20 DAE dias após a emergência do milho), estágio V3. As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado com CO₂ e pressão constante de 40 lb pol⁻², equipado com três bicos modelo Teejet da série 110.02, espaçados de 0,5 m e calibrados para aplicar o equivalente a 100 L ha⁻¹ de calda. As pulverizações foram realizadas entre as 10:00 e 14:30 horas. No momento das aplicações, foram registrados os valores de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento (Tabela 5).

Tabela 5. Dados referente aos elementos climáticos/ambientais no momento da aplicação dos herbicidas. Coromandel, MG. 2018.

Dados climáticos/ ambientais	
Temperatura do ar	28 %
Umidade relativa do ar	78 %
Altitude da área	955 metros
Velocidade do vento	6 km h ⁻¹
Horário de início da aplicação	10:00 h
Horário do término da aplicação	14:30 h

A avaliação da eficiência dos tratamentos no controle das plantas daninhas foi realizada aos 14 e 28 dias após aplicação dos herbicidas (DAA). Nestas ocasiões, foram atribuídas notas de controle variando de 0 a 100 %, de acordo com a escala proposta por ALAM (1974), modificada, em que 0 (zero) corresponde a ausência de

sintomas de intoxicação pelo herbicida e 100 %, a morte da planta. Os dados de porcentagem de controle das plantas daninhas foram submetidos a análise de variância, seguida por teste de agrupamento Scott-Knott ($p < 0,05$).

As interações entre herbicidas (aditivo, sinérgico ou antagônico) foram determinadas a partir dos dados de porcentagem de controle das plantas daninhas obtidos aos 14 e 28 DAA, por meio da equação 1, proposta por Colby (1967):

$$Eab = Oa + Ob * \left(\frac{1-Oa}{100} \right) \quad (\text{eq. 1})$$

em que Eab é a nota de controle esperada para a mistura dos herbicidas atrazine e mesotrione, Oa e Ob são as notas de controle das plantas daninhas observadas para os herbicidas, atrazine e mesotrione aplicados isolados, respectivamente. As médias dos valores observados e estimados foram comparados pelo teste de qui-quadrado- χ^2 ($p < 0,05$).

Os efeitos das misturas foram classificados comparando o χ^2 calculado e o tabelado ($\chi^2 = 3,84$; $g.l. = 1$; $\alpha = 0,05$). O χ^2 foi calculado por meio da equação 2:

$$\chi^2 = \frac{(Oab-Eab)^2}{Eab} \quad (\text{eq. 2})$$

em que Oab é a nota de controle das plantas daninhas observada para a mistura dos herbicidas atrazine e mesotrione. O efeito da mistura de herbicidas foi considerado aditivo, quando os valores de χ^2 foram menores que 3,84 e, sinérgico ou antagônico quando os valores de χ^2 foram superiores a 3,84.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de controle de plantas daninhas de todos os tratamentos com herbicida foi significativamente superior à da testemunha sem aplicação, para todas as plantas daninhas estudadas. No entanto, a eficiência do controle variou conforme a dose do herbicida e a forma de aplicação, isolado ou em mistura.

Aos 14 DAA observou-se que o controle da comunidade de plantas daninhas promovido pelos tratamentos: atrazine + mesotrione (2.000 + 96 g ha⁻¹), atrazine (2.600 g ha⁻¹) e atrazine + mesotrione (2.600 + 124,8 g ha⁻¹), foram superiores aos demais (Figura 5). Esses tratamentos controlaram mais de 60 % da comunidade infestante.

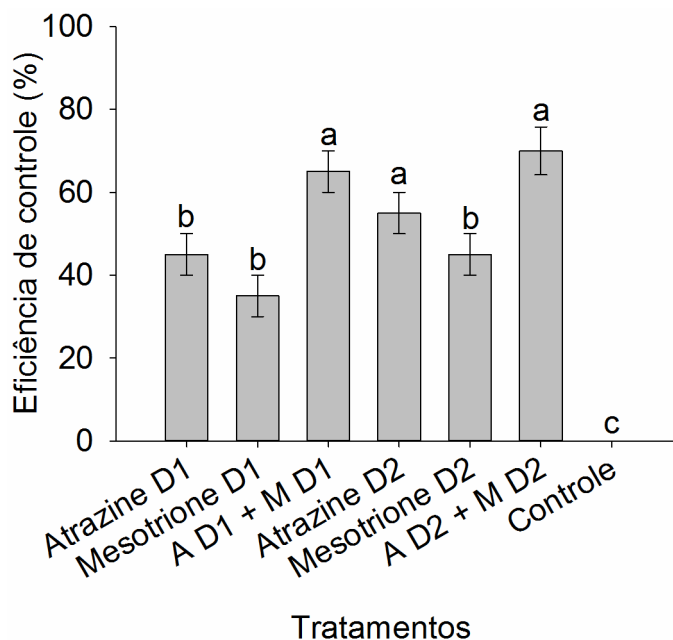


Figura 5. Eficiência de controle da comunidade de plantas daninhas [soja-tiguera (*Glycine max*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e picão-preto (*Bidens pilosa*)] aos 14 dias após aplicação dos herbicidas atrazine e mesotrione, isolados ou em misturas, com diferentes doses. Atrazine D1 (2.000 g ha⁻¹), Mesotrione D1 (96 g ha⁻¹), A D1 + M D1 (Atrazine + Mesotrione, 2.000 + 96 g ha⁻¹), Atrazine D2 (2.600 g ha⁻¹), Mesotrione D2 (124,8 g ha⁻¹) e A D2 + M D2 (Atrazine + Mesotrione, 2.600 + 124,8 g ha⁻¹). Barras com a mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Coromandel, MG. 2018.

O controle da comunidade de plantas daninhas, aos 28 DAA, foi maior nas áreas submetidas aos tratamentos com mistura de atrazine e mesotrione em ambas as doses estudadas (Figura 6). A mistura de atrazine e mesotrione na maior dose (2.600 + 124,8 g ha⁻¹) controlou mais de 80% da comunidade de plantas daninhas (Figura 6).

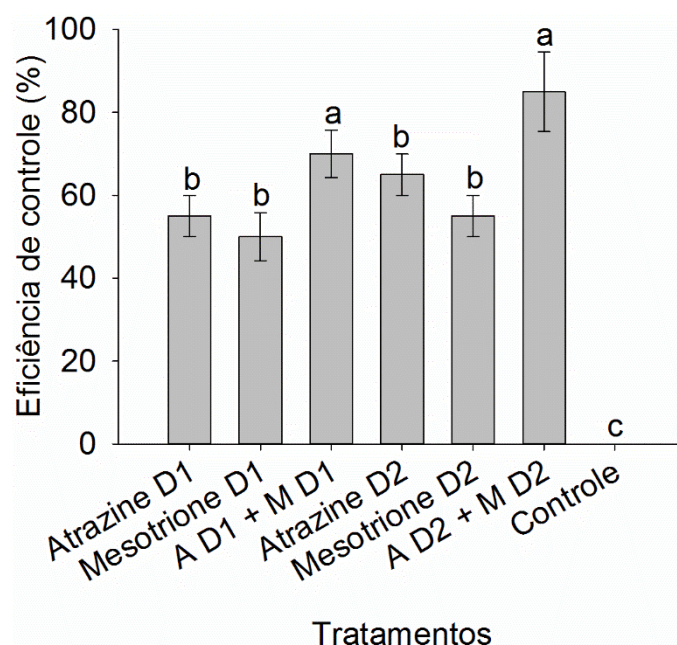


Figura 6. Eficiência de controle da comunidade de plantas daninhas [soja-tiguera (*Glycine max*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e picão-preto (*Bidens pilosa*)] aos 28 dias após aplicação dos herbicidas atrazine e mesotrione, isolados ou em misturas, com diferentes doses. Atrazine D1 (2.000 g ha⁻¹), Mesotrione D1 (96 g ha⁻¹), A D1 + M D1 (Atrazine + Mesotrione, 2.000 + 96 g ha⁻¹), Atrazine D2 (2.600 g ha⁻¹), Mesotrione D2 (124,8 g ha⁻¹) e A D2 + M D2 (Atrazine + Mesotrione, 2.600 + 124,8 g ha⁻¹). Barras com a mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Coromandel, MG. 2018.



Figura 7. Sintomas de fitotoxicidade em planta de soja-tiguera (*Glycine max*) aos 14 dias após aplicação da mistura de herbicidas atrazine e mesotrione (2.600 + 124,8 g ha⁻¹).

Ao analisar o controle de cada planta daninha individualmente, aos 14 DAA, observou-se que a mistura de atrazine e mesotrione na maior dose (2.600 + 124,8 g ha⁻¹) proporcionou o melhor controle de soja-tiguera (Figura 7 e 8), corda-de-viola (Figura 9), picão-preto (Figura 10), trapoeraba (Figura 11) e erva-de-touro (Figura 12). Esse tratamento controlou quase 80 % da população dessas plantas daninhas.

O controle de soja-tiguera e corda-de-viola pela aplicação da mistura de herbicidas na dose comercial (2.000 + 96 g ha⁻¹) foi semelhante ao obtido com o uso isolado de atrazine (2.600 g ha⁻¹) (Figura 8 e 9). Esses tratamentos controlaram cerca de 60 % dessas plantas daninhas. A aplicação isolada de atrazine e mesotrione na dose comercial, 2.000 e 96 g ha⁻¹, respectivamente, controlou somente cerca de 40 % das populações de corda-de-viola e soja-tiguera. Corda-de-viola é uma planta problemática no cultivo de milho, principalmente devido a essa espécie apresentar tolerância ao glyphosate (MONQUERO et al., 2004). A espécie *Ipomoea grandifolia* por exemplo, apresenta baixa absorção e translocação do glyphosate, principalmente quando a planta está em estádios fenológicos avançados, o que reduz a eficiência do herbicida (CARVALHO et al., 2015; MONQUERO et al., 2004). Dessa forma, em áreas infestadas por essa planta daninha, é preciso utilizar outros métodos de manejo, como herbicidas de diferentes mecanismos de ação ao glyphosate. O mesmo se aplica

ao manejo de plantas de soja resistente ao glyphosate que estão infestando o cultivo seguinte. O uso de atrazine e mesotrione aplicados isolados ou em mistura na dose comercial (2.000 + 96 g i.a. ha⁻¹), não foram eficientes no manejo da corda-de-viola e da soja-tiguera, aos 14 DAA, uma vez que controlaram menos de 60 % dessas plantas.

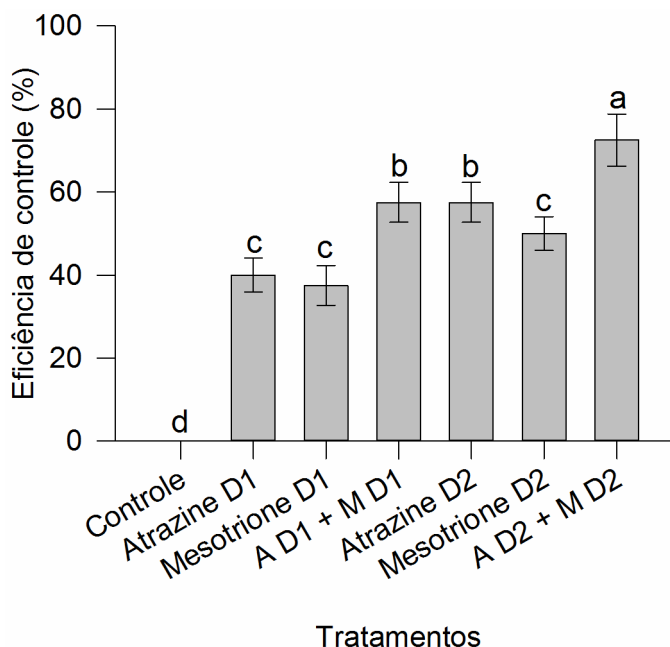


Figura 8. Eficiência de controle de soja-tiguera (*Glycine max*) aos 14 dias após aplicação dos herbicidas atrazine e mesotrione, isolados ou em misturas, com diferentes doses. Atrazine D1 (2.000 g i.a. ha⁻¹), Mesotrione D1 (96 g i.a. ha⁻¹), A D1 + M D1 (Atrazine + Mesotrione, 2.000 + 96 g i.a. ha⁻¹), Atrazine D2 (2.600 g i.a. ha⁻¹), Mesotrione D2 (124,8 g i.a. ha⁻¹) e A D2 + M D2 (Atrazine + Mesotrione, 2.600 + 124,8 g i.a. ha⁻¹). Barras com a mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Coromandel, MG. 2018.

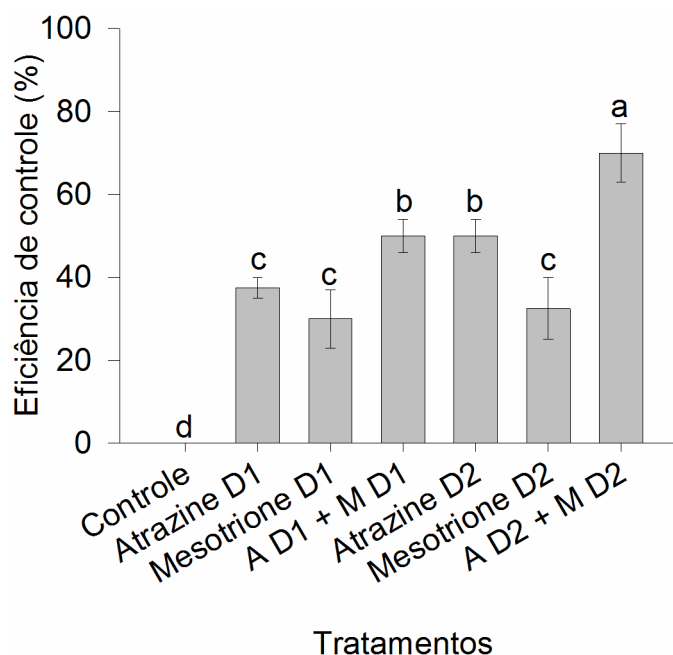


Figura 9. Eficiência de controle de corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) aos 14 dias após aplicação dos herbicidas atrazine e mesotrione, isolados ou em misturas, com diferentes doses. Atrazine D1 (2.000 g ha⁻¹), Mesotrione D1 (96 g ha⁻¹), A D1 + M D1 (Atrazine + Mesotrione, 2.000 + 96 g ha⁻¹), Atrazine D2 (2.600 g ha⁻¹), Mesotrione D2 (124,8 g ha⁻¹) e A D2 + M D2 (Atrazine + Mesotrione, 2.600 + 124,8 g ha⁻¹). Barras com a mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Coromandel, MG. 2018.

A mistura de atrazine e mesotrione na dose comercial (2.000 + 96 g i.a. ha⁻¹) controlou somente cerca de 40 % da população de picão-preto (Figura 10) e de erva-de-touro (Figura 11), valor semelhante ao obtido com o uso isolado desses herbicidas nas maiores doses, 2.600 e 124,8 g i.a. ha⁻¹, respectivamente (Figura 10 e 11). A aplicação isolada dos herbicidas atrazine e mesotrione na dose comercial controlou menos de 20 % dessas plantas daninhas. Resultados diferentes foram observados em estudos de casa de vegetação em que tanto a aplicação da mistura de atrazine + mesotrione (1250 + 72 g ha⁻¹), quanto o atrazine isolado (1500 g ha⁻¹) controlaram 100 % das plantas de soja-tigueria e do picão-preto aos 28 DAA (MATTE et al., 2018). Essas diferenças podem ser explicadas devido ao fato de que, diferentemente do presente estudo, houve adição de óleo mineral (Assist 0,5 % v v⁻¹) a calda dos herbicidas, nos estudos de Matte et al. (2018). O óleo mineral atua como adjuvante, quebrando a tensão superficial das gotas produzidas pela pulverização, aumentando o espalhamento e a absorção do herbicida, uma vez que facilita a penetração da calda

pela cutícula da planta (MENDONÇA; RAETANO; MENDONÇA, 2007; QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

Adicionalmente, diferenças no estágio de desenvolvimento e nas condições fisiológicas e morfológicas das plantas daninhas no momento da aplicação do herbicida, também podem ter influenciado na eficiência do atrazine e mesotrione. É possível que em condições de campo, como é o caso do presente estudo, devido aos intemperes edafoclimáticos, as plantas daninhas encontrem-se sob estresse e com isso apresentem maior restrição a absorção do herbicida, se comparadas aquelas plantas que cresceram em casa de vegetação. Por exemplo, plantas sob estresse hídrico, normalmente fecham os estômatos e aumentam a deposição de cera epicuticular nas folhas, o que pode limitar a ação de herbicidas (CIESLIK; VIDAL; TREZZI, 2013; HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2006).

O uso isolado de atrazine (2.600 g ha^{-1}) e mesotrione ($124,8 \text{ g ha}^{-1}$), com aumento de 30 % na dose comercial, proporcionou controle semelhante de trapoeraba que o observado no tratamento da mistura desses herbicidas na dose recomendada comercialmente ($2.000 + 96 \text{ g ha}^{-1}$) (Figura 10). Esses tratamentos controlaram somente cerca de 50 % da população dessa planta daninha. A trapoera é considerada uma espécie de difícil controle devido a sua tolerância ao glyphosate (DIAS; CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2013; TUFFI SANTOS et al., 2004) e por isso, é fundamental a utilização de outros herbicidas/ métodos de controle para o manejo dessa planta daninha, principalmente em cultivos de culturas transgênicas resistentes a esse herbicida. Nessa pesquisa, o maior controle da trapoeraba, aproximadamente 70 %, foi obtido com a aplicação da mistura atrazine + mesotrione com aumento de 30 % na dose comercial ($2.600 + 124,8 \text{ g ha}^{-1}$). Resultado inferior ao relatado por Matte et al. (2018), em que à aplicação de atrazine + mesotrione, isolado ou em mistura, na dose comercial e com adição de óleo mineral, controlou praticamente 100% da população de *C. benghalensis* aos 14 DAA. Esses resultados reforçam a necessidade da adição de óleo mineral na calda de pulverização desses herbicidas, uma vez que mesmo com o aumento da dose, a aplicação em mistura ou isolada de atrazine + mesotrione não é capaz de alcançar um controle satisfatório de plantas daninhas.

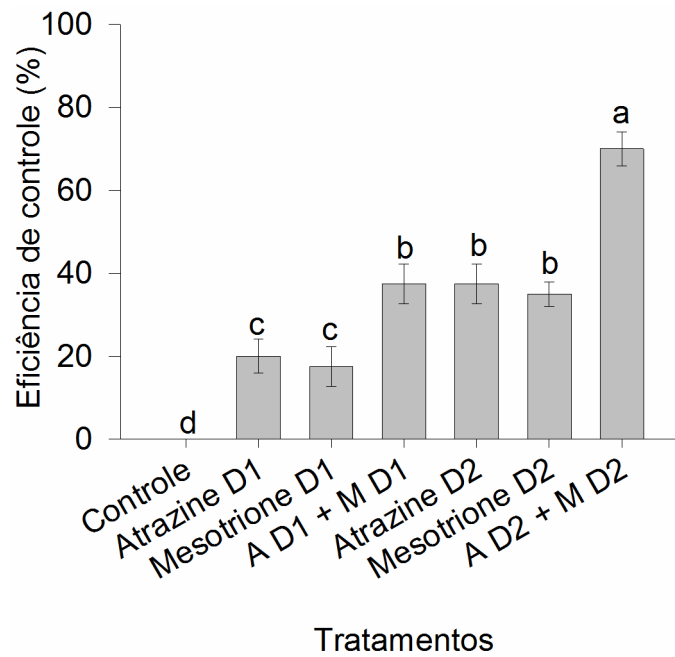


Figura 10. Eficiência de controle de picão-preto (*Bidens pilosa*) aos 14 dias após aplicação dos herbicidas atrazine e mesotrione, isolados ou em misturas, com diferentes doses. Atrazine D1 (2.000 g ha⁻¹), Mesotrione D1 (96 g ha⁻¹), A D1 + M D1 (Atrazine + Mesotrione, 2.000 + 96 g ha⁻¹), Atrazine D2 (2.600 g i.a. ha⁻¹), Mesotrione D2 (124,8 g ha⁻¹) e A D2 + M D2 (Atrazine + Mesotrione, 2.600 + 124,8 g ha⁻¹). Barras com a mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Coromandel, MG. 2018.

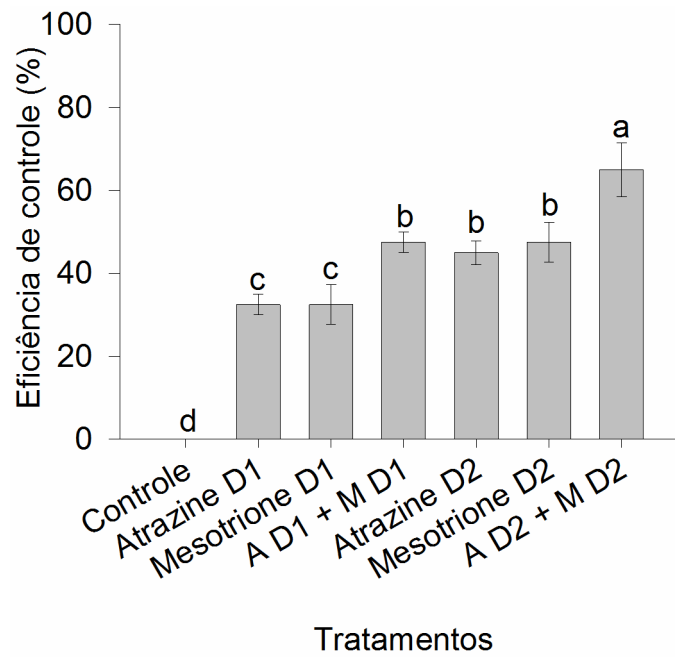


Figura 11. Eficiência de controle de trapoeraba (*Commelina benghalensis*) aos 14 dias após aplicação dos herbicidas atrazine e mesotrione, isolados ou em misturas, com diferentes doses. Atrazine D1 (2.000 g ha^{-1}), Mesotrione D1 (96 g ha^{-1}), A D1 + M D1 (Atrazine + Mesotrione, $2.000 + 96 \text{ g ha}^{-1}$), Atrazine D2 (2.600 g ha^{-1}), Mesotrione D2 ($124,8 \text{ g ha}^{-1}$) e A D2 + M D2 (Atrazine + Mesotrione, $2.600 + 124,8 \text{ g ha}^{-1}$). Barras com a mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Coromandel, MG. 2018.

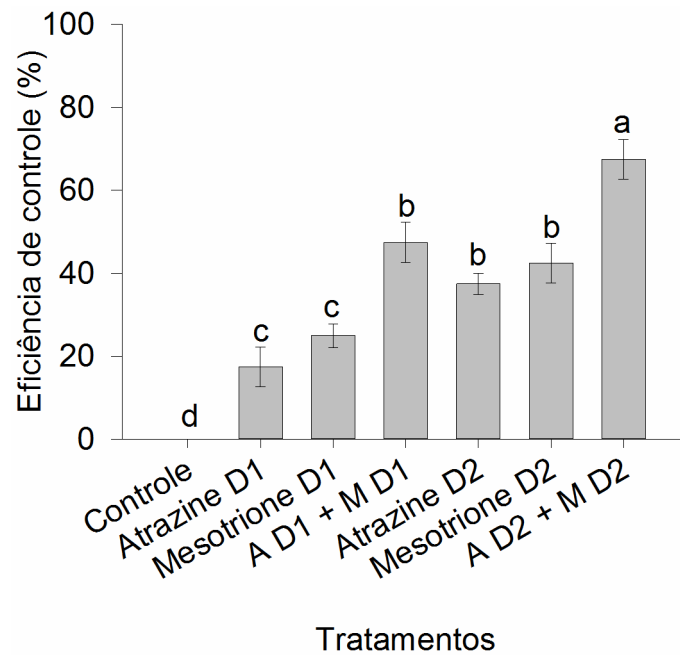


Figura 12. Eficiência de controle de erva-de-touro (*Tridax procumbens*) aos 14 dias após aplicação dos herbicidas atrazine e mesotrione, isolados ou em misturas, com diferentes doses. Atrazine D1 (2.000 g ha⁻¹), Mesotrione D1 (96 g ha⁻¹), A D1 + M D1 (Atrazine + Mesotrione, 2.000 + 96 g ha⁻¹), Atrazine D2 (2.600 g ha⁻¹), Mesotrione D2 (124,8 g ha⁻¹) e A D2 + M D2 (Atrazine + Mesotrione, 2.600 + 124,8 g ha⁻¹). Barras com a mesma letra não diferem entre si pela análise de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Coromandel, MG. 2018.

A aplicação da mistura de tanque dos herbicidas atrazine e mesotrione (2500 + 250 g ha⁻¹) na cultura do milho, controlou 99 % das plantas de trapoeraba (*C. benghalensis*) e de corda-de-viola (*I. nil*), aos 45 DAA (CARVALHO; MORETTI; SOUZA, 2010). Além disso, esses autores observaram que a aplicação dos herbicidas aos sete dias após emergência do milho foi altamente seletiva para essa cultura. Apesar da existência de sintomas de fitotoxicidade (< 2,5%), a produtividade do milho não foi afetada pelos tratamento (CARVALHO; MORETTI; SOUZA, 2010). Esses resultados corroboram com os do presente estudo, em que não foram observados, em nenhuma das aplicações, sintomas de intoxicação causados pelo mesotrione, atrazine ou pela mistura dos dois em plantas de milho (dados não apresentados). Portanto, a mistura de tanque de atrazine e mesotrione não alterou a seletividade dos produtos em relação ao milho.

Houve efeito aditivo quando os herbicidas atrazine e mesotrione foram aplicados em mistura no tanque, tanto aos 14 quanto aos 28 DAA (Tabela 6 e 7). Ou seja, ao utilizar a mistura de atrazine e mesotrione, o controle da comunidade das plantas daninhas soja-tiguera, corda-de-viola, picão-preto, trapoeraba e erva-de-touro foi superior à soma dos efeitos isolados de cada produto (Figura 5 e 6). A maior eficiência do tratamento com mistura dos herbicidas pode ser atribuída ao maior espectro de ação alcançado quando há combinação de moléculas e também ao efeito aditivo, já que os dois produtos aplicados de forma isolada resultaram em controle inferior de plantas daninhas. Interações aditivas para o controle de *Amaranthus palmeri*, com redução da densidade e matéria seca dessa planta, foram observados quando a mistura de tanque de atrazine e mesotrione ou isoxaflutole foram utilizadas, independente das concentrações dos herbicidas em combinação (CHAHAL; JHALA, 2018). A mistura de atrazine e mesotrione aumentou a porcentagem de controle de *Cirsium arvense* quando comparado a aplicação isolada dos herbicidas (ARMEL et al., 2005). Resultados semelhantes foram observado para a mistura de mesotrione e nicossulfuron, em que o uso desse tratamento aumentou o controle das plantas daninhas na cultura do milho, em relação a aplicação isolada desses herbicidas (SKRZYPCZAK; SOBIECH; WANIOREK, 2011). Efeitos aditivos de misturas de tanque de herbicidas também já foram observado paras as misturas de glyphosate + metsulfuron-methyl e glyphosate + carfentrazone-ethyl (FREITAS et al., 2018).

Tabela 6. Valores observados (Obs.) e estimados (Est.) de controle da comunidade de plantas daninhas [soja-tiguera (*Glycine max*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e picão-preto (*Bidens pilosa*)] pela mistura dos herbicidas atrazine e mesotrione aos 14 dias após aplicação. Coromandel, MG. 2018.

Herbicida A	Herbicida B	Herbicidas isolados		Atrazine + Mesotrione		χ^2	Efeito
		Obs. A	Obs. B	Obs.	Est.		
Atrazine D1	Mesotrione D1	2,25	1,75	3,25	3,96	0,13	Aditivo
Atrazine D2	Mesotrione D2	2,25	2,75	3,50	4,94	0,42	Aditivo

Os efeitos das misturas foram classificados comparando o χ^2 calculado e o tabelado ($\chi^2 = 3,84$; *g.l.* = 1; $\alpha = 0,05$). Valores de $\chi^2 > 3,84$ indicam efeito aditivo da mistura herbicida enquanto, $\chi^2 < 3,84$ referem-se a efeito sinérgico ou antagônico da mesma.

Tabela 7. Valores observados (Obs.) e estimados (Est.) de controle da comunidade de plantas daninhas [soja-tiguera (*Glycine max*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e picão-preto (*Bidens pilosa*)] pela mistura dos herbicidas atrazine e mesotrione aos 28 dias após aplicação. Coromandel, MG. 2018.

Herbicida A	Herbicida B	Herbicidas isolados		Atrazine + Mesotrione		χ^2	Efeito
		Obs. A	Obs. B	Obs.	Est.		
Atrazine D1	Mesotrione D1	2,75	2,50	3,50	5,18	0,55	Aditivo
Atrazine D2	Mesotrione D2	3,25	2,75	4,25	5,91	0,47	Aditivo

Os efeitos das misturas foram classificados comparando o χ^2 calculado e o tabelado ($\chi^2 = 3,84$; *g.l.* = 1; $\alpha = 0,05$). Valores de $\chi^2 > 3,84$ indicam efeito aditivo da mistura herbicida enquanto, $\chi^2 < 3,84$ referem-se a efeito sinérgico ou antagônico da mesma.

Em ambas as doses utilizadas da mistura de atrazine + mesotrione (2.000 + 96 e 2.600 + 124,8 g ha⁻¹) foi observado efeito aditivo da combinação herbicida (Tabela 6 e 7). O herbicida mesotrione aplicado em mistura com atrazine, butachlor e, ou halosulfuron-methyl no controle da microalga *Selenastrum capricornutum* apresentou efeitos aditivos, sinérgicos e antagônicos, dependendo dos compostos da mistura, da concentração e do tempo de exposição da microalga ao tratamento (ZHAO et al., 2018). Em particular, a mistura atrazine + mesotrione apresentou antagonismo a baixas concentrações dos herbicidas e sinérgicos em altas concentrações para o mesmo tempo de exposição (72h). Dessa forma, concentrações diferentes da mistura de tanque de atrazine e mesotrione, da utilizada nessa pesquisa, podem influenciar na eficiência dessa mistura no controle de plantas daninhas. Contudo, essa hipótese ainda precisa ser testada.

A mistura de atrazine e mesotrione pode ser utilizada no manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas do grupo das triazinas, por haver um efeito sinérgico da combinação desses herbicidas, como relatado para *Raphanus raphanistrum* (WALSH et al., 2012) e *Amaranthus retroflexus* (HUGIE et al., 2008; WOODYARD; HUGIE; RIECHERS, 2009). Normalmente, há aumento do sinergismo com o incremento da dose de mesotrione na mistura (HUGIE et al., 2008). Efeitos sinérgicos da mistura mesotrione + atrazine também foram observados no controle da planta daninha *Digitaria horizontalis*, em que a combinação desses herbicidas aumentou a

absorção radicular e foliar do produto pela planta (MACIEL et al., 2013). No presente estudo, tais efeitos sinérgicos da mistura atrazine + mesotrione não foram evidenciados. Apesar disso, houve efeito aditivo dessa mistura no controle de soja-tiguera, corda-de-viola, picão-preto, trapoeraba e erva-de-touro em ambas as doses analisadas, sem perda de seletividade para a cultura do milho. Isso indica que a mistura de tanque de atrazine + mesotrione pode ser utilizada para o controle dessas plantas daninhas. Todavia, mesmo a aplicação da mistura de atrazine e mesotrione com aumento de 30 % da dose comercial não foi suficiente para alcançar um controle satisfatório das plantas daninhas estudadas. Baseado em dados de literatura (CARVALHO; MORETTI; SOUZA, 2010; CORREIA; BRAZ; FUZITA, 2010; MATTE et al., 2018), é provável que a adição de óleo mineral a essa mistura aumente a eficiência de controle dessas plantas daninhas. Não é recomendado o uso de atrazine + mesotrione sem a adição de óleo mineral a calda, para o controle de soja-tiguera, corda-de-viola, picão-preto, trapoeraba e erva-de-touro.

CONCLUSÕES

A mistura de tanque atrazine + mesotrione aumenta a eficiência de controle da tiguera da soja e das plantas daninhas corda-de-viola, picão-preto, trapoeraba e erva-de-touro. A mistura dos herbicidas atrazine + mesotrione promove efeito aditivo para o controle dessas espécies de plantas daninhas, tanto para combinações dos herbicidas na dose comercial ($2.000 + 96 \text{ g ha}^{-1}$) quanto para a maior dose ($2.600 + 124,8 \text{ g a}^{-1}$).

A aplicação da mistura de atrazine + mesotrione sem a adição de óleo mineral não permite controle satisfatório das plantas daninhas soja-tigueras, corda-de-viola, picão-preto, trapoeraba e erva-de-touro na cultura do milho.

REFERÊNCIAS

ALAM. **Recomendaciones sobre unificacion de los sistemas de evaluacion em ensayos de control de malezas**, ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS - ALAM, 1974.

ALAM, A. L. D. M. **Recomendaciones sobre unificacion de los sistemas de evaluacion em ensayos de control de malezas**, ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS - ALAM, 1974.

ARMEL, G. R.; HALL, G. J.; WILSON, H. P.; CULLEN, N. Mesotrione plus atrazine mixtures for control of Canada thistle (*Cirsium arvense*). **Weed Science**, v. 53, n. 2, p. 202–211, 2005.

AZANIA, C. A. M.; HIRATA, A. C. S.; AZANIA, A. A. de P. M. **Biologia e manejo químico de corda-de-viola em cana-de-açúcar**: Boletim Técnico IAC. Campinas.

BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. de A. Persistência de herbicidas em latossolo vermelho-amarelo em cultura de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 7, p. 681–687, 1987.

BRAZ, G. B. P.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; NETO, A. M. O.; DAN, H. A.; GUERRA, N.; OSIPE, J. B.; TAKANO, H. K. Alternativas para o controle de soja RR[®] voluntária na cultura do algodoeiro. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 360–369, 2013.

CARVALHO, F. P. De; SÃO JOSÉ, R. H.; LOPES, L. C. de M.; RONCHI, C. P. Controle de trapoeraba com diferentes formulações de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 194, 2015.

CARVALHO, F. T.; MORETTI, T. B.; SOUZA, P. A. De. Eficácia e seletividade de associações de herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 2, p. 35, 2010.

CHAHAL, P. S.; JHALA, A. J. Interaction of PS II- and HPPD-Inhibiting Herbicides for Control of Palmer Amaranth Resistant to Both Herbicide Sites of Action.

Agronomy Journal, v. 1, n. 1, 2018.

CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: revisão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 483–489, 2013.

COLBY, S. R. Calculating Synergistic and Antagonistic Responses of Herbicide Combinations. **Weeds**, v. 15, n. 1, p. 20–22, 1967. Disponível em:

CORREIA, N. M.; BRAZ, B. A.; FUZITA, W. E. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 631–642, 2010.

CULPEPPER, A. S.; FLANDERS, J. T.; YORK, A. C.; WEBSTER, T. M. Tropical spiderwort (*Commelina benghalensis*) control in glyphosate-resistant cotton. **Weed Technology**, v. 18, n. 02, p. 432–436, 2004.

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

DAN, H. A.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; DAN, L. G. de M.; BRAZ, G. B. P.; BALBINOT, E.; SOUSA, F. G. De; REIS, R. H. P. Dos. Controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo consorciados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 108–118, 2012.

DE LA VEGA, M. H.; LEMIR, A. H. M.; GARCÍA, A. E.; PACE, R.; ACEÑOLAZA, M. Control de *Commelina erecta* L. con herbicidas postemergentes con el objetivo de su uso en cultivos de soja transgénica. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 51–56, 2000.

DIAS, A. C. .; CARVALHO, S. J. .; BRANCALION, P. H. .; NOVEMBRE, A. D. L. .; CHRISTOFFOLETI, P. Germinação de sementes aéreas pequenas de trapoeraba (*Commelina benghalensis*). **Planta Daninha**, v. 27, n. spe, p. 931–939, 2009.

DIAS, A. C. .; CARVALHO, S. J. .; CHRISTOFFOLETI, P. Fenologia da trapoeraba

como indicador para tolerância ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 185–191, 2013.

FOLONI, L. . Callisto (mesotrione) – um novo herbicida pós-emergente para a cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2002.

FRANCHINI, J. C.; SARAIVA, O. F.; DEBIASI, H.; GOLÇALVES, S. L. Contribuição de sistemas de manejo do solo para a produção sustentável da soja. **Embrapa Soja (Circular técnica, 58)**, Londrina, p. 12, 2008.

FREITAS, N. M.; FREITAS, F. C. L.; FURTADO, I. F.; TEIXEIRA, M. F. F.; SILVA, V. F. Herbicide mixtures to control dayflowers and drift effect on coffee cultures. **Planta Daninha**, v. 36, p. e018169798, 2018.

GYUIMARÃES, S. C.; SOUZA, I. F.; PINHO, E. V. R. V. Efeito de temperaturas sobre a germinação de sementes de erva-de-touro (*Tridax procumbens*). **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 457–464, 2000.

HATTERMAN-VALENTI, H. M.; PITY, A.; OWEN, M. D. K. Effect of environment on giant foxtail (*Setaria faberi*) leaf wax and fluazifop-P absorption. **Weed Science**, v. 54, n. 04, p. 607–614, 2006.

HSIAO-MEI, H.; WEN-YUAN, K. Vegetative and reproductive growth of an invasive weed *Bidens pilosa* L. var. *radiata* and its noninvasive congener *Bidens bipinnata* in Taiwan. **Taiwania**, v. 59, n. 2, p. 119–126, 2014.

HUGIE, J. A.; BOLLERO, G. A.; TRANEL, P. J.; RIECHERS, D. E. Defining the rate requirements for synergism between mesotrione and atrazine in redroot pigweed (*Amaranthus Retroflexus*). **Weed Science**, v. 56, n. 2, p. 265–270, 2008.

JOHNSON, B. C.; YOUNG, B. G.; MATTHEWS, J. L. Effect of postemergence application rate and timing of mesotrione on corn (*Zea mays*) response and weed control. **Weed Technology**, v. 16, n. 2, p. 414–420, 2002.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo:

BASF, 1999.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 413–419, 2003.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008.

MACIEL, C. D. de G.; OLIVEIRA NETO, A. M. De; GUERRA, N.; MACIEL, A. M. D. C.; JARDIM, C. E.; SILVA, A. A. P. Da; KARPINSKI, R. A. K.; HELVIG, E. O. Potencialização da eficiência do mesotrione em mistura com inibidores de Fotossistema II em diferentes vias de absorção de capim-colchão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 210–219, 2013.

MASSENSINI, A. M. **Contribuição da microbiota do solo para a capacidade competitiva de plantas**. 2014. Universidade Federal de Viçosa, 2014.

MATTE, W. D.; SILVÉRIO, R.; JUNIOR, D. O.; MACHADO, F. G.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; SOUZA, F. De; GUTIERREZ, D.; RENATO, J. Eficácia de [Atrazine + Mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho Efficacy of [Atrazine + Mesotrione] in control of weed in corn. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. e587, 2018.

MENDONÇA, C. G. De; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. De. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. spe, p. 16–23, 2007.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; DE PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445–451, 2004.

MUDHOO, A.; GARG, V. K. Sorption, transport and transformation of atrazine in soils, minerals and composts: A review. **Pedosphere**, v. 21, n. 1, p. 11–25, 2011.

OLIVEIRA JR., R. S. De; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRAJR, R. S. De; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 243–266.

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

PROCÓPIO, S. O.; MENEZES, C. C. E.; BETTA, L.; BETTA, M. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 365–373, 2007.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; DONAGEMMA, G. K.; MENDONÇA, E. S. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 35–41, 2004.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. R. A. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 8–19, 2008.

ROCHA, D. C.; RODELLA, R. A.; MARTINS, D. Caracterização morfológica de espécies de trapoeraba (*Commelina* spp.) utilizando a análise multivariada. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 671–678, 2007.

ROCHA, D. C.; RODELLA, R. A.; MARTINS, D.; MACIEL, C. D. G. Efeito de herbicidas sobre quatro espécies de trapoeraba. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 359–364, 2007.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 29, n. spe, p. 1159–1172, 2011.

SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, R. S. De; PEREIRA, P. C.; SEDIYAMA, T.; MASCARENHAS, M. H. T.; FERREIRA, F. A. Avaliação de herbicidas no controle de plantas daninhas em mandioquinha-salsa. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 921–926, 2008.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e

mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. p. 83–148.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007.

SILVA, A. G. Da; FRANCISCHINI, E. R. Sistemas de produção de milho safrinha em Goiás. In: (Embrapa, Ed.) XII SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA 2013, Dourados. **Anais...** Dourados

SINDIVEG. **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Vegetal**. 2016. Disponível em: <<http://sindiveg.org.br>>. Acesso em: 10 may. 2017.

SKRZYPCZAK, G. A.; SOBIECH, Ł.; WANIOREK, W. Evaluation of the efficacy of mesotrione plus nicosulfuron with additives as tank mixtures used for weed control in maize (*Zea Mays* L.). **Journal of Plant Protection Research**, v. 51, n. 3, p. 300–305, 2011.

TUFFI SANTOS, L. D.; MEIRA, R. M. S. A.; SANTOS, I. C.; FERREIRA, F. A. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 101–107, 2004.

WALSH, M. J.; STRATFORD, K.; STONE, K.; POWLES, S. B. Synergistic effects of atrazine and mesotrione on susceptible and resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations and the potential for overcoming resistance to triazine herbicides. **Weed Technology**, v. 26, n. 02, p. 341–347, 2012.

WOODYARD, A. J.; HUGIE, J. A.; RIECHERS, D. E. Interactions of Mesotrione and Atrazine in Two weed species with different mechanisms for atrazine resistance. **Weed Science**, v. 57, n. 04, p. 369–378, 2009.

ZHAO, F.; LI, Y.; HUANG, L.; GU, Y.; ZHANG, H.; ZENG, D.; TAN, H. Individual and combined toxicity of atrazine, butachlor, halosulfuron-methyl and mesotrione on the microalga *Selenastrum capricornutum*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, p. 969–975, 2018.

APÊNDICE

Tabela A1. Resumo da análise de variância da porcentagem de controle da comunidade de plantas daninhas [soja-tiguera (*Glycine max*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e picão-preto (*Bidens pilosa*)] aos 14 dias após aplicação dos herbicidas. Coromandel, MG. 2018.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento	6	32,50	5,42	22,38	< 0,001
Bloco	3	0,39	0,13	0,54	0,66
Resíduo	18	4,36	0,24		
Total	27	37,25			

CV = 22,75 %

CV = coeficiente de variação

Tabela A2. Resumo da análise de variância da porcentagem de controle da comunidade de plantas daninhas [soja-tiguera (*Glycine max*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e picão-preto (*Bidens pilosa*)] aos 14 dias após aplicação dos herbicidas. Coromandel, MG. 2018.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	6	42,71	7,12	21,88	< 0,001
Bloco	3	1,14	0,38	1,17	0,35
Resíduo	18	5,86	0,33		
Total	27	37,25			

CV = 21,02 %

CV = coeficiente de variação

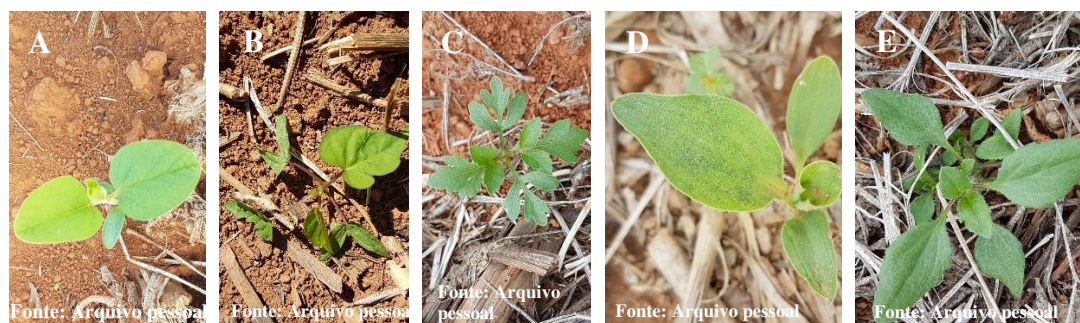


Figura A1. Detalhes de plantas de soja-tiguera [*Glycine max*] (A), corda-de-viola [*Ipomoea grandifolia*] (B), trapoeraba [*Commelina benghalensis*] (C), picão-preto [*Bidens pilosa*] (D) e erva-de-touro [*Tridax procumbens*] (E), presentes na área de cultivo de milho, antes da aplicação dos herbicidas.