



Falhas de eficácia da atrazina no controle de caruru-vermelho (*Amarathus hybridus*) na cultura do milho (*Zea mays*)

Efficacy failures of atrazine in controlling red pigweed (*Amarathus hybridus*) in corn crops (*Zea mays*)

Carla Monteiro^{1,3}, Arthur Marcelo Marcato^{1,3}, Alessandro Carlos de Carvalho Pádua^{2,3}, Claudinei da Cruz³ 

^{1,3}Discente do curso de agronomia do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Unifeb.

²Especialização em agronegócio do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Unifeb.

³Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia dos Agrotóxicos, LEEA, pertencente ao Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Unifeb.

Resumo

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura essencial para a alimentação humana, animal e também para diversas indústrias, mas sua produtividade é frequentemente comprometida pela competição com plantas daninhas. A utilização de herbicidas é uma das práticas mais comuns para o manejo dessas plantas, sendo a atrazina um dos herbicidas amplamente usados no controle de várias espécies. Com o objetivo de verificar as possíveis falhas de eficácia da atrazina com controle da planta daninha caruru-vermelho (*Amaranthus hybridus* L.), foi realizado um estudo em duas condições experimentais: uma com baixa infestação associada ao milho e outra com alta infestação, sem a cultura. Foram testadas doses variando entre 3,0 e 6,0 L ha⁻¹. Os resultados revelaram que com a baixa infestação de caruru-vermelho, a atrazina apresentou excelente eficácia quando aplicada nas duas maiores doses avaliadas. Em alta infestação, o controle foi eficaz apenas na dose de 5,0 L ha⁻¹. As doses recomendadas entre 3,0 e 4,0 L ha⁻¹ não foram eficazes, evidenciando falhas no controle da planta daninha.

Palavras-chaves: Plantas daninhas; falhas de controle; infestação; herbicida

Abstract

Corn (*Zea mays* L.) is an essential crop for human and animal nutrition and also for various industries, but its productivity is often compromised by competition with weeds. The use of herbicides is one of the most common practices for managing these plants, with atrazine being one of the herbicides widely used to control several species. With the objective of verifying possible failures in the effectiveness of atrazine in controlling the weed plant red pigweed (*Amaranthus hybridus* L.), a study was carried out in two experimental conditions: one with low infestation associated with corn and the other with high infestation, without the crop. Doses ranging between 3.0 and 6.0 L ha⁻¹ were tested. The results revealed that with low red pigweed infestation, atrazine showed excellent efficacy when administered in the two highest doses evaluated. In high infestation, control was only effective at a dose of 5.0 L ha⁻¹. The recommended doses between 3.0 and 4.0 L ha⁻¹ were not effective, highlighting failures in controlling the weed.

Keywords: Weeds; control failures; infestation; herbicide.

Autor para correspondência: prof. Dr. Claudinei da Cruz – E-mail: claudineicruz@gmail.com

Recebido em: 01 de julho de 2024

Aceito para publicação em: 15 de dezembro de 2024

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um vegetal pertencente à família Poaceae, constituindo-se como uma das culturas mais importantes do mundo, sendo fundamental para a alimentação humana, animal e para diversas indústrias, até o biodiesel. No Brasil, o milho ocupa uma posição de destaque, com uma área cultivada que ultrapassa 20 milhões de hectares, consolidando o país como um dos maiores produtores globais (Brasil, 2024a). A produtividade do milho no Brasil tem aumentado nas últimas décadas, e essa produtividade é um reflexo de investimentos em tecnologia, manejo adequado, melhoramento genético, melhoramento de sementes, alcançando, em algumas regiões, médias superiores a seis toneladas por hectare (Maciel & Tunes, 2021; Brasil, 2024a).

Contudo, durante o avanço dessa produção devem ser destacados alguns pontos que precisam ser observados criteriosamente para evitar o máximo de perdas. Entre os principais elementos que podem reduzir a produtividade estão as pragas, doenças, fatores climáticos e plantas daninhas (Pereira et al., 2023).

Para garantir o desenvolvimento e crescimento da cultura do milho é crucial a interação de diversos fatores, dos quais a água, temperatura e radiação solar são essenciais para que a planta atinja seu máximo potencial genético (Cruz et al., 2010). Além disso, o manejo adequado do solo desempenha um papel fundamental no cultivo do milho. Assim, é imperativo que o solo atenda às características físicas e químicas exigidas pela cultura para alcançar altas produtividades (Viana et al., 2006).

Na fase inicial de desenvolvimento do milho, as plantas daninhas exercem uma competição intensa por recursos fundamentais como luz, água e nutrientes. Essa competição, que ocorre em um período crítico para o estabelecimento da cultura, pode comprometer significativamente o crescimento e, conseqüentemente, a produtividade final do milho. Portanto, o manejo adequado das plantas daninhas é essencial para assegurar que a cultura possa desenvolver-se plenamente e alcançar seu potencial produtivo máximo (Bender, 2021).

Entretanto, a produção de milho enfrenta desafios significativos, sendo a competição com plantas daninhas um dos principais fatores limitantes para o alcance do potencial produtivo, sendo responsáveis pelo baixo rendimento da cultura, com perdas que podem atingir até 80%,

dependendo da espécie infestante, agressividade e capacidade de competição (Vargas et al., 2006).

Muitas são as plantas daninhas que infestam a cultura do milho, destacando-se como as principais: capim-marmelada (*Urochloa plantaginea* (Link) R. Webster), caruru-vermelho (*Amaranthus* spp.), leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.), guanxuma (*Sida rhombifolia* L.), buvas (*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, *C. canadensis* (L.) Cronquist e *C. sumatrensis* (Retz.) E. Walker.), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn), grama-seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), tiriricas (*Cyperus* spp.), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum* DC), falsa-serralha (*Emilia sonchifolia* (L.) DC. ex Wight), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), capim-colchão (*Digitaria* spp.), cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.), dentre outras. Todas essas espécies apresentam potencial competitivo com a cultura do milho, gerando redução da produtiva e da qualidade de grãos (Lorenzi, 2014; Rodrigues et al., 2019; Melo et al., 2019; Galon et al., 2020).

Dentre as plantas daninhas que mais afetam a cultura do milho, destaca-se a espécie *Amaranthus* spp., conhecida popularmente como caruru-vermelho. Esta espécie possui alta capacidade competitiva, crescimento rápido e elevada produção de sementes, o que dificulta seu controle e aumenta seu impacto na cultura do milho. A competição do caruru-vermelho com o milho pode reduzir significativamente a produtividade, dependendo da densidade e do momento de emergência em relação à cultura (Karam et al., 2007).

Para o manejo das plantas daninhas, têm-se cinco ferramentas de controles, sendo estes: físico; biológico; mecânico; cultural; e químico. Dentre os métodos disponíveis para o manejo das plantas daninhas, o químico, através da utilização dos herbicidas, é um dos mais utilizados (Karam et al., 2009; Harrington & Ghanizadeh, 2024). Contudo, a utilização de uma mesma molécula herbicida ou o mesmo mecanismo de ação em ciclos produtivos sucessivos acarreta a seleção de plantas daninhas com capacidade de resistir a este herbicida, além disso, a utilização incorreta destas moléculas pode causar fitointoxicação para a cultura (Silva, 2018), além de contaminação de organismos não alvo e do ambiente. Os herbicidas seletivos são utilizados extensivamente na produção de milho doce nos Estados Unidos da América (EUA), representando 94% das despesas totais de gestão das infestações, com média de

123 dólares ha⁻¹, sendo que em 66% das áreas de cultivo são realizadas uma ou mais aplicações de atrazina, a uma taxa média de utilização total de 1,35 kg i.a ha⁻¹. O custo líquido anual estimado para substituir a atrazina na produção de milho doce nos EUA pelo herbicida mesotriona é de 9,2 milhões de dólares (Williams II et al., 2010).

A atrazina (atrazine - 2-chloro-4-ethylamino-6-isopropylaminoazine; C₈H₁₄ClN₃) é um herbicida seletivo, de ação sistêmica, pertencendo ao grupo químico triazina que age inibindo o fotossistema II das plantas, o que provoca a morte das plantas. Os sintomas da inibição do fotossistema II são clorose, necrose e morte das plantas. A atrazina é um herbicida com eficiência no controle da maioria das plantas daninhas, tanto em aplicação de pré-emergência como em pós-emergência precoce a inicial, nas culturas de cana-de-açúcar, milho, pastagem e sorgo. A aplicação em pós-emergência deverá ser precoce ao estágio inicial das plantas infestantes, observando-se as espécies indicadas e os respectivos estádios de desenvolvimento, em área total após a germinação da cultura (Nortox, 2024). A atrazina é um herbicida utilizado no controle de plantas daninhas em culturas como cana-de-açúcar, milho, pastagem, sorgo e milho, sendo que no cultivo do milho é o herbicida mais utilizado. Este herbicida é utilizado em mais de 70 países, com um uso global anual de 70.000 a 90.000 toneladas (Deng et al., 2024) e em 2021, o Brasil ocupou o 5º lugar em vendas, totalizando 37.299 toneladas (Brasil, 2021).

Em vários cenários este herbicida apresentou problemas no manejo de plantas daninhas, com a ocorrência de resistências de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) (Takano et al., 2016), de capim-azul (*Poa annua* L.) (Svyantek et al., 2016), de caruru (*A. tuberculatus* L.) (Vennapus et al., 2018), de erva-formigueira (*Chenopodium album* L.) (Ngow et al., 2024), e de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Li et al., 2024).

Além dos problemas de ocorrência de espécies resistentes a este herbicida, a atrazina apresenta grande potencial de poluição ambiental, com contaminação de solos e água superficiais (Santos et al., 2015), através do transporte por escoamento superficial e lixiviação, sendo que o processo de lixiviação está relacionado à presença do herbicida em águas subterrâneas (Rostami et al., 2021). Outros problemas estão relacionados aos impactos sobre a fauna e a flora de ecossistemas aquáticos, interferindo na

estrutura de toda comunidade. A atrazina apresentou concentração letal 50% (CL50;96h) de 8,58 mg L⁻¹, com danos nas funções do fígado e do rim no peixe pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (Paiva et al., 2017) e para a mesma espécie a CL50;48h foi de 24,46 mg L⁻¹ (Santos et al., 2015). A atrazina possui ingestão diária aceitável (IDA) = 0,02 mg kg⁻¹ e dose de referência aguda (DRfA) = 0,1 mg kg⁻¹ (Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2007).

A atrazina foi banida na União Europeia (EU) em 2003 devido aos níveis de contaminação da água e por ser considerada insegura, mesmo em concentrações muito menores do que as permitidas no Brasil. Em 2012, a Suíça, onde a empresa Syngenta, que desenvolveu o herbicida, está sediada, também proibiu a atrazina, apesar da empresa continuar produzindo e exportando o produto. Em 5/10/2023, o Ministério Público do Trabalho (MPT) foi à Justiça para cobrar que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) cancelasse o registro da atrazina (Brasil, 2024b). Ainda neste ponto, a atrazina não possui autorização de uso no estado do Paraná para a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) (Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, 2024).

Assim, é necessário entender como a atrazina, um herbicida utilizado em todos os ciclos de produção, mantém sua eficácia de registro em bula para o controle de plantas daninhas. O objetivo deste estudo foi verificar as possíveis falhas de eficácia da atrazina com controle da planta daninha caruru-vermelho (*A. hybridus*).

Material e métodos

O experimento foi conduzido na estufa de crescimento vegetal do Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia dos Agrotóxicos (LEEA), do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), localizado nas coordenadas 20°33'26" S e 48°34'04" W, a uma altitude de 530 metros. O ambiente experimental foi controlado, com temperatura média de 33°C e umidade relativa mantida em 44%.

O herbicida testado foi a Atrazina Nortox 500 SC®, formulação de suspensão concentrada (SC), com 500,00 g i.a. L⁻¹ (6-chloro-N2-ethyl-N4-isopropyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine). A atrazina é um herbicida seletivo, de ação sistêmica, de pré- e pós-emergência precoce do grupo químico das triazinas.

Delineamento experimental

No experimento 1, o milho (*Z. mays*) foi semeado em vasos com capacidade para 1,0 L, contendo uma mistura de solo, tipo Latossolo, areia média e substrato orgânico (1:1:1; vv⁻¹), em associação com caruru-vermelho (*A. hybridus*). A aplicação foi realizada em 30 dias após a semeadura da planta daninha e transplante do milho, com a emissão de três folhas verdadeiras. Neste experimento a infestação do caruru-vermelho foi considerada baixa, com a ocorrência de apenas 1 a 3 plantas por vaso.

No experimento 2, foi semeada apenas caruru-vermelho (*A. hybridus*), nas mesmas condições do experimento 1 e a aplicação foi realizada em 30 dias após a semeadura. Neste experimento, a infestação do caruru-vermelho foi considerada alta, com a ocorrência de intensa germinação/emergência da planta daninha.

O delineamento experimental utilizado, nos dois experimentos, foi inteiramente casualizado (DIC), com 10 repetições, por tratamento. A dosagem e o modo de aplicação seguiram as recomendações de bula, com as seguintes doses avaliadas (tratamentos): T1. 0,0 (controle - testemunha – sem aplicação do herbicida); T2. 3,0; T3. 4,0; T4. 5,0; e T5. 6,0 L ha⁻¹, equivalente a 1500,0 g i.a. ha⁻¹; 2000,0 g i.a. ha⁻¹; 2500,0 g i.a. ha⁻¹; e 3000,0 g i.a. ha⁻¹. Em todos os tratamentos foi adicionado 0,5% adjuvante Veget'Oil®.

A aplicação foi realizada com um aplicador costal pressurizado por CO₂, com uma barra, contendo duas pontas AD 110.02 da Magnojet®, ajustada para o consumo de calda de 200 L ha⁻¹.

Análise estatística

As variáveis avaliadas foram: a altura das plantas de milho; a biomassa fresca e seca; e o grau de fitotoxicidade. A altura foi medida utilizando-se

régua graduada para medir desde a raiz até o ponto de crescimento apical de cada planta.

A eficácia de controle visual foi realizada em 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA), pela escala de notas visuais em porcentagem, em que 0% corresponde a nenhuma injúria e 100% à morte das plantas (Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas, 1995). Ao final do estudo, as plantas foram submetidas à secagem em temperatura ambiente para obtenção da massa fresca. A quantificação da massa seca foi realizada em balança semianalítica, e foi realizado o cálculo de porcentagem simples em relação ao controle.

As porcentagens de eficácia de controle foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e suas médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software Agroestat - sistema para análises estatísticas e ensaios agrônômicos (Barbosa & Maldonado Junior, 2015).

Resultados e Discussão

Experimento 1 – Eficácia de controle para o caruru-vermelho (*A. hybridus*) e seletividade para o milho

Na análise da eficácia da atrazina para o controle de caruru-vermelho, na presença da cultura do milho, em sete dias após aplicação (DAA) não ocorreu controle da planta daninha em nenhuma dose avaliada (Tabela 1).

Em 15 dias após aplicação ocorreu 73,7% de controle do caruru-vermelho (*A. hybridus*) no tratamento 5 e 73,4% de controle no tratamento 4, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 1). A eficácia de controle do alvo para estes tratamentos foi considerada boa ou aceitável.

Tabela 1. Eficácia de controle (%) do caruru-vermelho (*A. hybridus*) com aplicação de atrazina, na presença do milho (*Zea mays*).

Tratamentos (L ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
T1 - 0,0 Controle	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 d
T2 - 3,0	0,62 b	5,6 b	16,8 bc	19,3 c	32,5 b	32,5 c
T3 - 4,0	0,0 b	10,0 b	36,2 b	55, b	59,3 b	61,2 b
T4 - 5,0	6,2 a	73,7 a	95,6 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T5 - 6,0	6,8 a	74,3 a	96,2 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
F	32,22**	52,99**	51,45**	66,21**	38,62**	41,17**
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

**Significativo a 5,0% de probabilidade; Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p>0,05$);

Na avaliação de 21 dias após aplicação, nos tratamentos 4 e 5 ocorreram 95,6% e 96,2% de controle do caruru-vermelho (*A. hybridus*), respectivamente, diferindo dos tratamentos 2 e 3, com 16,8% e 36,2% de controle do alvo (Tabela 1).

Em 30 DAA, nos tratamentos 4 (5,0 L ha⁻¹) e 5 (5,0 L ha⁻¹) ocorreram 100,0% de controle do caruru-vermelho (*A. hybridus*), diferindo dos demais e mantendo este padrão de controle até o final do período experimental (Tabela 1). Para estes tratamentos a eficácia foi considerada excelente.

Nas avaliações de 45 e 60 dias após aplicação o padrão de controle foi similar ao descrito na avaliação de 30 DAA (Tabela 1). A utilização de 6,0 Lha⁻¹ de atrazina no milho (*Z. mays*) aplicada aos 26 e 41 dias após o plantio ocorreu redução de 53,0% de massa total de capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.), timbete (*Cenchrus echinatus* L.), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.), rabo-de-raposa (*Setaria geniculata* (Willd.) P. Beauv.), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), leiteiro (*Euphorbia* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomes), picão-preto (*B. pilosa*) e mentrasto (*Ageratum conyzoides* L.) (Oliveira et al., 2001). Para obter eficácia de 50,0% a 85,0% de controle do capim-marmelada (*U. plantaginea*) foi necessária a aplicação de 4000,0 g i.a ha⁻¹ (8,0 L ha⁻¹), para picão-preto (*B. pilosa*) de 2400,0 (4,8 L ha⁻¹) e 8000,0 g i.a ha⁻¹ (Marchesan et al., 2013).

O herbicida atrazina não apresentou sinais de fitotoxicidade para o milho (*Z. mays*), pois não ocorreu diferença significativa na produção de biomassa fresca, massa seca e comprimento total das plantas, dos tratamentos aplicados em relação ao controle (testemunha sem aplicação do herbicida) (Tabela 2), similar ao descrito para atrazina isolada ou em mistura com metrosiona, nicosulfuron e tembotriona (Rosa et al., 2024). No entanto, esse herbicida tem grande potencial

para interferir em culturas subsequentes ou em rotação de culturas, como o observado para cultura do girassol que sofreu reduções de 2316,04 Kg ha⁻¹, na dose de 3,0 Kg ha⁻¹ e 2162,76 na dose de 3,0 Kg ha⁻¹ de atrazina, em relação ao controle (2708,39 Kg ha⁻¹) em semeadura realizada aos 60 dias após a aplicação (Brighenti et al., 2002) e também para a cultura da soja (*Glycine max*) com redução de 4291,42 Kg ha⁻¹, no controle para 3667,21 Kg ha⁻¹ com aplicação de 3,25 kg i.a ha⁻¹ de atrazina (Caratti et al., 2014).

Apresença das plantas daninhas *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less., *U. plantaginea*, *C. bonariensis*, *S. rhombifolia* e *Solanum* spp, causou redução de 15% e 18% da produtividade do milho sem aplicação de atrazina e o período crítico de prevenção à interferência no milho adensado foi reduzido de 35 para 23 dias com a aplicação de 400,0 g e.a. L⁻¹ de atrazina, sem alterar a produtividade final da cultura (Padilha et al., 2016).

Experimento 2 – Eficácia de controle para o caruru-vermelho (*A. hybridus*) e seletividade para o milho

Na avaliação de eficácia, em sete dias após aplicação, não ocorreu controle satisfatório em nenhuma das doses testadas, sendo que o controle variou de 1,0% a 22,0%, sem diferença significativa entre os tratamentos e o controle (Tabela 3).

Em 15 DAA, no tratamento 4 (5,0 Lha⁻¹) ocorreu 47,0% de controle do caruru-vermelho (*A. hybridus*), similar a 15,0% no tratamento 3 (4,0 Lha⁻¹) e 13,0% no tratamento 5 (6,0 Lha⁻¹), diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 3).

Em 21 DAA, o T4 (5,0 L ha⁻¹) manteve o melhor controle atingindo 58,0%, embora T3 e T5 tenham apresentado controle entre 26,0% e 23,0%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2. Seletividade da atrazina para o milho (*Zea mays*) em 60 dias após aplicação.

Tratamentos (L ha ⁻¹)	Biomassa Fresca (g)	Massa Seca (g)	Comprimento Total
T1 - 0,0 Controle	74,03 a	15,49 a	75,12 a
T2 - 3,0	71,27 a	17,60 a	76,75 a
T3 - 4,0	77,91 a	17,01 a	75,37 a
T4 - 5,0	99,89 a	22,67 a	75,25 a
T5 - 6,0	67,12 a	14,45 a	84,12 a
F	1,37 NS	0,87 NS	1,88 NS
P	0,2659	0,4897	0,1359

**Significativo a 5,0% de probabilidade; Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p>0,05$).

Tabela 3. Eficácia de controle (%) do caruru-vermelho (*A. hybridus*) com aplicação de atrazina, na ausência do milho (*Zea mays*).

Trat.(L ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)						Biom. Fresc (g)	M. seca (g)
	7	15	21	30	45	60		
T1 - 0,0 Controle	1,5 a	5,0 b	9,0 b	25,0 b	30,0 b	30,0 b	10,7 a	2,7 a
T2 - 3,0	1,0 a	2,0 b	12,0 b	21,0 b	51,5 ab	54,0 ab	4,3 b	1,1 b
T3 - 4,0	11,5 a	15,0 ab	26,0 ab	43,0 ab	70,5 ab	75,0 ab	3,4 bc	0,9 b
T4 - 5,0	22,0 a	47,0 a	58,0 a	80,0 a	96,6 a	99,0 a	1,1 bc	0,3 bc
T5 - 6,0	4,0 a	13,0 ab	23,0 ab	43,0 ab	58,0 ab	69,0 ab	0,09 c	0,03 c
F	1,43 NS	4,25**	4,86**	4,68**	4,26**	4,66**	18,11**	19,79**
P	0,2391	0,0053	0,0024	0,003	0,0052	0,0031	<0,0001	<0,0001

**Significativo a 5,0% de probabilidade; Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p>0,05$).

Em 30 DAA, no tratamento 4 (5,0 L ha⁻¹) ocorreu 80,0% de controle do caruru-vermelho (*A. hybridus*), similar a 43,0% nos tratamentos 3 (4,0 L ha⁻¹) 5 (6,0 L ha⁻¹), diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 3).

Em 45 DAA, o T4 (5,0 L ha⁻¹) apresentou o maior controle com 96,6% do alvo, evidenciando uma eficácia considerada excelente (Tabela 3). Este tratamento não diferiu significativamente do controle de 75,0% no tratamento 3 (4,0 L ha⁻¹) e 58,0% no tratamento 5 (6,0 L ha⁻¹), similar ao tratamento 2 (3,0 L ha⁻¹) com controle de 51,5% do caruru-vermelho (Tabela 3).

Em 60 DAA, ocorreu eficácia de 99% de controle no T4 (5,0 L ha⁻¹), enquanto nos demais tratamentos o controle variou entre 54,0% (T2), 75,0% (T3) e 69,0% (T5), sem diferença significativa entre os tratamentos, com eficácia considerada ineficiente ou inexpressiva a aceitável para infestação da área (Tabela 3). A baixa eficácia também ocorreu com a aplicação de 2,34 L ha⁻¹ de atrazina com 33,0% de controle de *Panicum fasciculatum* Sw., 23,0% de *U. texana* (Buckley) R.D. Webster, 33,0% de *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. e 40,0% de *B. reptans* (L.) C.A. Gardner & C.E. Hubb. (Janak, & Grichar, 2016).

Conclusão

- Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:
- i) Em condição de baixa infestação da planta daninha caruru-vermelho, a atrazina apresenta eficácia excelente quando aplicada nas duas maiores doses avaliadas.
 - ii) Em condição de alta infestação da planta daninha caruru-vermelho, a atrazina apresenta eficácia excelente, apenas na dose de 5,0 L ha⁻¹.

- iii) A utilização das doses recomendadas de atrazina para o controle de caruru-vermelho, não atinge o desempenho de controle para a planta daninha caruru-vermelho, nas doses entre 3,0 e 4,0 L ha⁻¹, evidenciando falhas de controle.

Referências

Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR. (2024). *Agrotóxico liberado com restrições para uso no estado*. Recuperado em 2 de setembro de 2024, de <https://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/listar.asp>

Barbosa, J.C. & Maldonado Junior, W. (2015). *Agroestat: sistema para análises estatísticas e ensaios agronômicos*. Jaboticabal: UNESP.

Bender, D. (2021). *Plantas daninhas e períodos de interferência na cultura do milho*. Recuperado em 2 de setembro de 2024, de <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/4311/1/BENDER.pdf>

Brasil. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. (2024a). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Brasília. Recuperado em 2 de setembro de 2024, de <https://www.conab.gov.br>

Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2021). *Registro de Agrotóxicos de Uso Não Agrícola*. Recuperado em 30 de janeiro de 2021, de <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-ebiologicos/agrotoxicos/registros/registro-de-agrotoxicos-de-uso-nao-agricola>.

Brasil. Ministério Público do Trabalho – MPT. (2024b). *MPT processa União para cancelar registro de agrotóxicos com atrazina*. Brasília. Recuperado

em 2 de setembro de 2024, de <https://www.prt24.mpt.mp.br/2-uncategorised/1935-mpt-processa-uniao-para-cancelar-registro-de-agrotoxicos-com-atrazina>

Brighenti, A. M., Moraes, V. J., Oliveira Junior, R. S., Gazziero, D. L. P., Voll, E., & Gomes, J. A. (2002). Persistência e fitotoxicidade do herbicida atrazine aplicado na cultura do milho sobre a cultura do girassol em sucessão. *Planta Daninha*, 20, 291-297.

Caratti, F. C., Reinehr, M., Fabiani, M. F., Turra, M. A., Basso, C. J., & Lamego, F. P. (2014). Efeito residual de Atrazina na cultura da soja. In *Anais do 29º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas: A Ciência das Plantas Daninhas em Clima de Mudança*, Gramado, RS. Londrina: SBCPD.

Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., Alvanenga, R. C., Gontijo Neto, M. M., Viana, J. H. M., Oliveira, M. F., Matrangolo, W. J. R., & Albuquerque Filho, M. R. (2010). *Cultivo do milho*. Embrapa Milho e Sorgo. Recuperado em 2 de setembro de 2024, de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>

Deng, S., Chen, C., Wang, Y., Liu, S., Zhao, J., Cao, B., Jiang, D., Jiang, Z., & Zhang, Y. (2024). Advances in understanding and mitigating Atrazine's environmental and health impact: a comprehensive review. *Journal of Environmental Management*, 365, 121530.

Galon, L., Gabiatti, R. L., Agazzi, L. R., Weirich, S. N., Radunz, A. L., Brandler, D., Brunetto, L., Silva, A. M. L., Aspiazú, I., & Perin, G. F. (2020). Competição entre híbridos de milho com plantas daninhas. *South American Sciences*, 2(1), e21101.

Harrington, K. C., & Ghanizadeh, H. (2024). Comparing herbicide resistance in New Zealand and Australia. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 67(1), 4-16.

Janak, T. W., & Grichar, W. J. (2016). Weed control in corn (*Zea mays* L.) as influenced by preemergence herbicides. *International Journal of Agronomy*, 2016(1), 2607671.

Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues – JMPR. (2007). *Pesticide residues in food 2007*. Rome: FAO/WHO.

Karam, D., Melhorança, A. L., & Oliveira, M. F. (2007). *Plantas daninhas na cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa. Recuperado em 2 de setembro de 2024, de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/59927/1/Planta-daninha.pdf>

Karam, D., Cruz, M. B., & Rizzardi, M. A. (2009). *Manejo de plantas daninhas na cultura do milho*. Brasília: Embrapa. Recuperado em 4 de setembro de 2024, de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30122/1/Manejo-plantas.pdf>

Li, Y., Lu, J., Dong, C., Wang, H., Liu, B., Li, D., Cui, Y., Wang, Z., Ma, S., Shi, Y., Wang, C., Zhu, X., & Sun, H. (2024). Physiological and biochemical characteristics and microbial responses of *Medicago sativa* (Fabales: Fabaceae) varieties with different resistance to atrazine stress. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1447348. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1447348>

Lorenzi, H. (2014). *Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Marchesan, E. D., Trezzi, M. M., Vidal, R. A., Dick, D. P., Dedordi, G., & Xavier, E. (2013). Controle de papua (*Urochloa plantaginea*) e produtividade de milho em solo argiloso através de formulação e doses de atrazina com liberação controlada. *Ciência Rural*, 43, 1974-1980.

Maciel, M., & Tunes, V. M. (2021). A importância do controle de qualidade nas sementes de milho. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 49934-49938.

Melo, T. S., Makino, P. A., & Ceccon, G. (2019). Weed diversity in corn with different plant arrangement patterns grown alone and intercropped with palisade grass. *Planta Daninha*, 37, e019195957.

Ngow, Z., James, T. K., Harvey, B., & Buddenhagen, C. E. (2024). A first survey for herbicide resistant weeds across major maize growing areas in the North Island of New Zealand. *PLoS One*, 19(3), e0299539.

Padilha, M., Barroso, A., Carvalho, L., Costa, F., & Bianco, S. (2016). Atrazine reduz o período crítico de interferência de plantas daninhas em milho adensado. *Planta Daninha*, 34, 721-728.

Paiva, P. P., Delcorso, M. C., Matheus, V. A., de Queiroz, S. C. D. N., Collares-Buzato, C. B., &

- Arana, S. (2017). Acute toxicity of commercial atrazine in *Piaractus mesopotamicus*: histopathological, ultrastructural, molecular, and genotoxic evaluation. *Veterinary World*, 10(9), 1008.
- Pereira, A. A., Pedroso, C. F. R., Migliat, D. A. C., Kuhn, L., Passos, L. M. D., Ribeiro, M. S., Peixoto, T. A., Alcântara, T. S., Peixer, W. B., Souza, L. C., Santin, J. C., Clemente, R. A., Almeida, A. P. F., & Barbosa, P. L. (2023). *Uso de herbicida atrazina no manejo de plantas daninhas na cultura do milho*. Nativa.
- Rodrigues, L. D. S., Teixeira, O. D. S., Alves Filho, D. C., Brondani, I. L., MacHado, D. S., Pereira, L. B., Adams, S. M., & Weise, M. S. (2019). Milho tolerante ao glifosato: interação entre herbicidas pós-emergentes e época de controle das plantas daninhas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18(2), 168-177. <http://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n2p168-177>
- Rosa, V., Braz, G. B., Souza, M. D. F., Procópio, S. D. O., Ferreira, C. J., Silva, A. G. D., & Carmo, E. L. D. (2024). Seletividade de herbicidas para híbrido de milho convencional. *Revista Caatinga*, 38, e12494.
- Rostami, S., Jafari, S., Moeini, Z., Jaskulak, M., Keshtgar, L., Badeenezhad, A., Azhdarpoor, A., Rostami, M., Zorena, K., & Dehghani, M. (2021). Current methods and technologies for degradation of atrazine in contaminated soil and water: a review. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 102019. <http://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102019>
- Santos, E. A., da Cruz, C., Carraschi, S. P., Silva, J. R. M., Botelho, R. G., Velini, E. D., & Pitelli, R. A. (2015). Atrazine levels in the Jaboticabal water stream (São Paulo State, Brazil) and its toxicological effects on the pacu fish *Piaractus mesopotamicus*. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 66(1), 73-82.
- Silva, A. F. (2018). Métodos de controle de planta daninhas. In M. F. Oliveira & A. M. Brighenti (Eds.), *Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia* (pp. 11-30). Brasília: Embrapa.
- Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas. (1995). *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas* (E. D. Velini, R. Osipe, & D. L. P. Gazziero, coords.). Londrina: SBCPD. 42 p.
- Svyantek, A. W., Aldahir, P., Chen, S., Flessner, M. L., McCullough, P. E., Sidhu, S. S., & McElroy, J. S. (2016). Target and nontarget resistance mechanisms induce annual bluegrass (*Poa annua*) resistance to atrazine, amicarbazone, and diuron. *Weed Technology*, 30(3), 773-782.
- Viana, J. H. M., Cruz, J. C., Alavarenga, R. C., & Santana, D. P. (2006). *Manejo do solo para a cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa. Recuperado em 4 de setembro de 2024, de https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19621/1/Circ_77.pdf
- Vargas, L., Peixoto, C. M., & Roman, E. S. (2006). *Manejo de plantas daninhas na cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa. Recuperado em 2 de setembro de 2024, de http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.pdf
- Nortox. (2024). *Atrazina Nortox 500 SC*. Recuperado em 3 de setembro de 2024, de <https://solucoes.nortox.com.br/hc/pt-br/articles/4404082501780-Atrazina-Nortox-500-SC>
- Vennapusa, A. R., Faleco, F., Vieira, B., Samuelson, S., Kruger, G. R., Werle, R., & Jugulam, M. (2018). Prevalence and mechanism of atrazine resistance in waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) from Nebraska. *Weed Science*, 66(5), 595-602.
- Takano, H. K., Oliveira Junior, R. S. D., Constantin, J., Braz, G. B. P., Franchini, L. H. M., & Burgos, N. R. (2016). Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). *Ciência e Agrotecnologia*, 40, 547-554.
- Williams II, M. M., Boerboom, C. M., & Rabaey, T. L. (2010). Significance of atrazine in sweet corn weed management systems. *Weed Technology*, 24(2), 139-142.