

Otimização do uso doméstico do herbicida imazapyr para redução de possíveis impactos ambientais

Optimization of the domestic use of the herbicide imazapyr to reduce possible environmental impacts

Ana Paula Milla dos Santos Senhuk ⁽¹⁾; Camila Padovan ⁽²⁾;
Guilherme Cartolano de Castro Ribeiro ^(2*); Deusmaque Carneiro Ferreira ⁽³⁾;

⁽¹⁾ Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Orcid: 0000-0002-6004-5513. E-mail: anapmilla@yahoo.com.br

⁽²⁾ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: * guicastro@hotmail.com

⁽³⁾ Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Orcid: 0000-0001-9338-0863. E-mail: deusmaque@hotmail.com

RESUMO: Este estudo analisou a resposta de duas plantas daninhas comuns em gramados, sob a aplicação de diferentes doses do herbicida imazapyr. Vasos plásticos de aproximadamente 10L com solo adubado com esterco (3:1) receberam mudas de picão preto (*Bidens pilosa*) e tiririca (*Cyperus rotundus*), sendo mantidos por 20 dias para aclimação. O experimento consistiu em quatro tratamentos com três repetições: controle; 4,12g/ha; 2,75g/ha e 1,37g/ha de imazapyr. Para avaliar os sintomas de fitointoxicação foram feitas análises por meio de notas visuais e registros fotográficos em diferentes dias depois da aplicação (DDA) do herbicida. Para o picão, foram realizadas medições de altura (desde a superfície do solo até a gema terminal). Para as mudas de tiririca, também foi observado o brotamento após a aplicação do herbicida. No final do experimento foi avaliado o acúmulo de biomassa pela quantificação da massa seca das plantas em cada tratamento, comparando-as com o controle. O herbicida imazapyr controlou eficazmente o picão aos 12 DDA somente na maior dose usada neste estudo, não apresentando rebrota. Os demais tratamentos causaram injúrias nas plantas, mas não o suficiente para levá-las à morte, apresentando rebrota aos 14 DDA. Em relação à tiririca, não houve um controle eficaz, uma vez que as plantas não chegaram à morte em nenhum dos tratamentos, causando apenas injúrias como clorose e necrose a partir dos 28 DDA.

Palavras-chave: Clorose, fitointoxicação, massa seca, necrose.

ABSTRACT: This study analyzed the response of two common weeds on grasses, under the application of different doses of the herbicide imazapyr. Plastic vases of approximately 10L with single fertilizer with manure (3:1) received picão (*Bidens pilosa*) and tiririca (*Cyperus rotundus*) seedlings, being kept for 20 days for acclimatization. The experiment consisted of four treatments with three replicates: control; 4.12g/ha; 2.75g/ha and 1.37g/ha of imazapyr. To evaluate the symptoms of phytointoxication, analyzes were made through visual notes and photographic records on different days after application (DAA) of the herbicide. For the picão, height measurements were taken (from the soil surface to the terminal yolk). For shoots of tiririca, budding was also observed after application of the herbicide. At the end of the experiment the biomass accumulation was evaluated by quantifying the dry mass of the plants in each treatment, comparing them with the control. The herbicide imazapyr effectively controlled the picão at 12 DAA only at the highest dose used in this study and did not show regrowth. The other treatments caused injuries in the plants, but not enough to cause them to die, presenting regrowth at 14 DAA. There was no effective control of teryra, since the plants did not reach death in any of the treatments, causing only injuries such as chlorosis and necrosis from 28 DAA.

Keywords: Chlorosis, phytotoxification, dry mass, necrosis.

INTRODUÇÃO

O uso de pesticidas é uma ferramenta indispensável para culturas com produção de alto rendimento nos sistemas agrícolas modernos (FRANCHIN, 2012). As perdas na produção seriam em média de 40% sem um efetivo tratamento com pesticidas. Porém, seu possível potencial cancerígeno e persistência no ambiente frequentemente levantam questões sobre o uso contínuo na agricultura. Esses impactos negativos do uso de pesticidas para a saúde humana e o meio ambiente têm atraído cada vez mais a atenção pública e de pesquisadores que buscam meios de minimizá-los (GAVRILESCU, 2005).

O presente estudo tratou de um herbicida (imazapyr), onde uma vez aplicado no alvo, uma pequena proporção deste composto atinge o solo e pode ser absorvida pelas raízes de plantas, sorvida aos colóides do solo ou dissolvida em sua solução, sofrendo fotólise, hidrólise ou degradação microbiana. De acordo com Kraemer *et al.* (2009), seu residual também pode ser transportado para fora da região de absorção das raízes por lixiviação ou escoamento superficial, podendo contaminar fontes de águas superficiais ou subterrâneas.

Apesar dos mecanismos de manejo cultural em plantas daninhas serem bastante conhecidos, ainda são necessárias investigações sobre como aperfeiçoar as aplicações de herbicidas e práticas culturais como parte de um sistema de manejo integrado. Os principais fatores limitantes dos herbicidas são sua estreita faixa de tolerância e os cuidados necessários com a sua aplicação, pois dosagens em excesso também podem causar níveis variados de fitointoxicação.

Deste modo, este estudo buscou analisar a resposta de duas plantas daninhas (picão preto e tiririca), comuns em gramados, sob a aplicação de diferentes doses do herbicida imazapyr.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas (ICTE/UFTM)

em uma área de 10 m². De toda a camada superficial do solo, classificado através da metodologia SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos) como argilo-siltoso de baixa compressibilidade, foi retirada uma porção para análise e um pré-tratamento (**Tabela 1**). Com base nos resultados, foi feita a calagem com 5kg de calcário e a adubação da área com 3 partes de solo para cada 1 parte de esterco.

Em seguida, vasos plásticos de aproximadamente 10L foram cheios com este solo para receberem as mudas de picão preto (*Bidens pilosa*) e tiririca (*Cyperus rotundus*), sendo mantidos por 20 dias para aclimação. O experimento consistiu em quatro tratamentos: controle; 4,12g/ha; 2,75g/ha e 1,37g/ha de imazapyr, tendo três repetições para cada espécie.

Para avaliar os sintomas de fitointoxicação foram feitas análises por meio de notas visuais, para as duas espécies, conforme descrito por Gonçalves *et al.* (2001), com adaptações (**Tabela 2**). Além disso, efetuou-se registros fotográficos em diferentes dias depois da aplicação (DDA) do herbicida para acompanhar a evolução dos sintomas fitotóxicos. Para o picão, foram realizadas medições de altura (desde a superfície do solo até a gema terminal) ao longo dos dias após a aplicação. Para as mudas de tiririca, foi observado o brotamento após a aplicação do herbicida.

No final do experimento (28 e 40 DDA para picão e tiririca, respectivamente) foi avaliado o acúmulo de biomassa pela quantificação da massa seca das plantas em cada tratamento, comparando-as com o controle. Para isso, toda a parte aérea das plantas e a raiz foram separadas e acondicionadas em sacos de papel, e em seguida levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 72°C, sendo a massa aferida em balança de precisão até peso constante.

Tabela 1 – Dados da caracterização química do solo feita por laboratório especializado

Métodos usados	Determinações			
	Sigla	Determinação	Unidade	Valor
Walkley e Black	MO	Mat. Orgânica	g/dm ³	16,8
CaCl ₂ – 0,01M	pH	Pot. Hidrog.	---	5,2
Resina	P	Fósforo	mg/dm ³	3,7
Resina	K	Potássio	mmolc/dm ³	3,2
Resina	Ca	Cálcio	mmolc/dm ³	13,5
Resina	Mg	Magnésio	mmolc/dm ³	4,9
KCl 1M	Al	Alumínio	mmolc/dm ³	0,0
SMP	H+Al	Aci. Potencial	mmolc/dm ³	24,0
Rel. Sat. Bases	S.B.	Soma Bases	mmolc/dm ³	21,6
	CTC	Cap. Troca Cat.	mmolc/dm ³	45,6
	V	Sat. Base	%	47,37
	K		%	7,02
	Ca		%	29,61
	Mg		%	10,75
	Al		%	0,0
	Ca/Mg		---	2,76
	Ca/K		---	4,22
	Mg/K		---	1,53
Walkley e Black	Co	Carbono total	g/dm ³	9,74

Tabela 2 – Escala de notas visuais de sintomas de fitointoxicação

Nota	Parâmetro
1	Planta em pleno vigor vegetativo, bem verde, sadia e totalmente ereta.
2	Planta com algumas folhas amareladas (clorose foliar).
3	Planta murcha, com algumas folhas amareladas (clorose foliar).
4	Planta parcialmente seca, com manchas amarelas e pretas (clorose e necrose foliar).
5	Planta totalmente seca e morta.

Com a equação de regressão, determinou-se o valor do I₅₀, que é a concentração do herbicida em microgramas por grama de planta (µg/g), que reduz em 50% o acúmulo de massa seca da parte aérea (FIRMINO et al., 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de imazapyr aplicadas em vasos (4,12g/ha; 2,75g/ha e 1,37g/ha) foram suficientes para causar sintomas fitotóxicos em ambas as espécies (picão e tiririca), mesmo sendo menos que 1% da dose geralmente usada em campo em estudos de eficiência do herbicida para controle de pragas (750g/ha), aplicado em tiririca e outras espécies como

Brachiaria subquadriflora (CARBONARI et al., 2003; GONÇALVES et al., 1997).

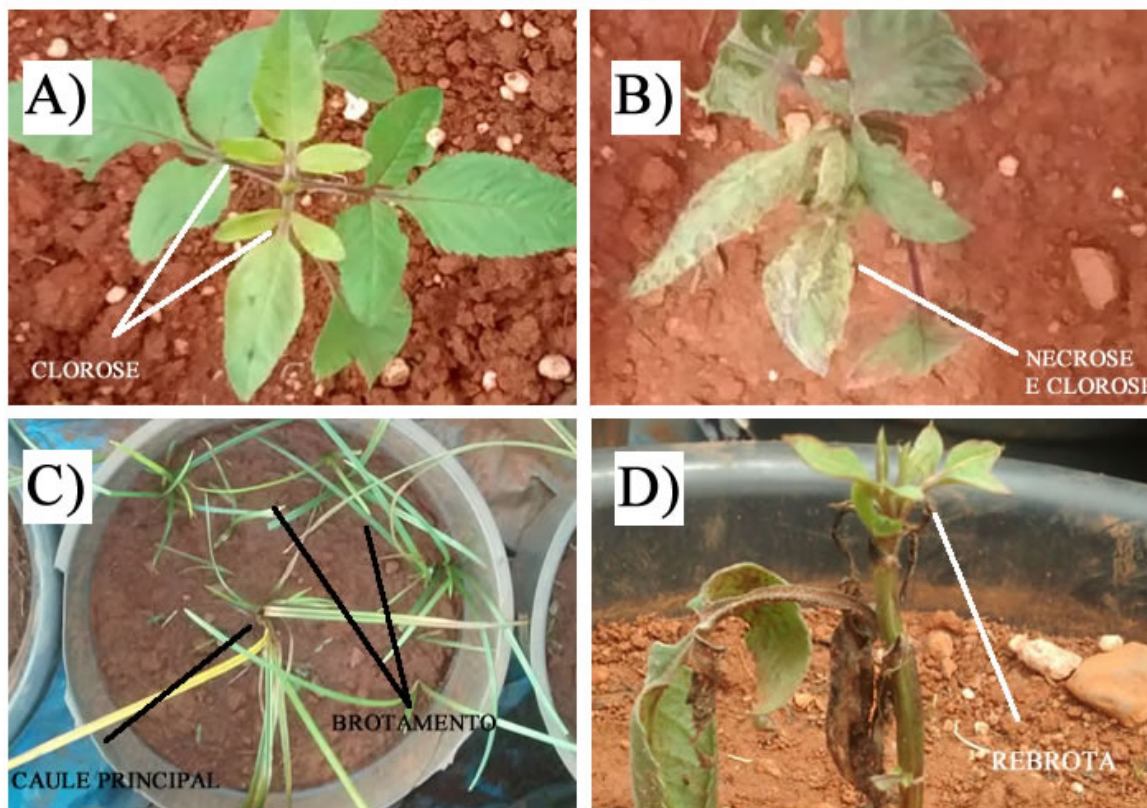
Os principais sintomas fitotóxicos observados foram clorose, necrose e murcha (**Figura 1A e B**). O picão respondeu mais rapidamente ao herbicida, chegando à morte em 12 DDA (**Tabela 3**). As plantas que receberam menores doses do herbicida (tratamentos 2 e 3) começaram a se recuperar apresentando rebrota em 14 DDA (**Figura 1C**).

A tiririca começou a responder aos efeitos tóxicos do herbicida apenas após 28 DDA, não chegando à morte das plantas em 40 DDA. Em geral, as plantas dos três tratamentos apresentaram murcha e clorose, com brotamento a partir de 22 DDA (**Figura 1D**). O atraso da resposta de fitointoxicação, quando comparado ao picão, pode ser devido ao fato

da tiririca ser uma gramínea e apresentar reprodução vegetativa por meio dos rizomas, tubérculos e bulbos basais. Os tubérculos são caules subterrâneos, ocupando a porção

terminal de um rizoma, que possuem grande quantidade de reserva nutritiva e gemas (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Figura 1 –Resposta das plantas de picão e tiririca após a aplicação de imazapyr.



A) Clorose em folhas de picão. B) Clorose e necrose em folhas de picão. C) Brotamentos em tiririca no tratamento 3 (1,37g/ha). D) Recuperação do picão no tratamento 3 (1,37g/ha).

Tabela 3 – Notas visuais dos sintomas de fitointoxicação em cada tratamento.

DDA = dias depois da aplicação.

Tratamento	Dose (g/ha)	picão (<i>Bidens pilosa</i>)														
		4 DDA			12 DDA			16 DDA			22 DDA			28 DDA		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Controle	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	4,12	2	2	2	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
2	2,75	2	2	2	4	5	5	4	5	4	2	5	2	1	5	1
3	1,37	2	2	2	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1

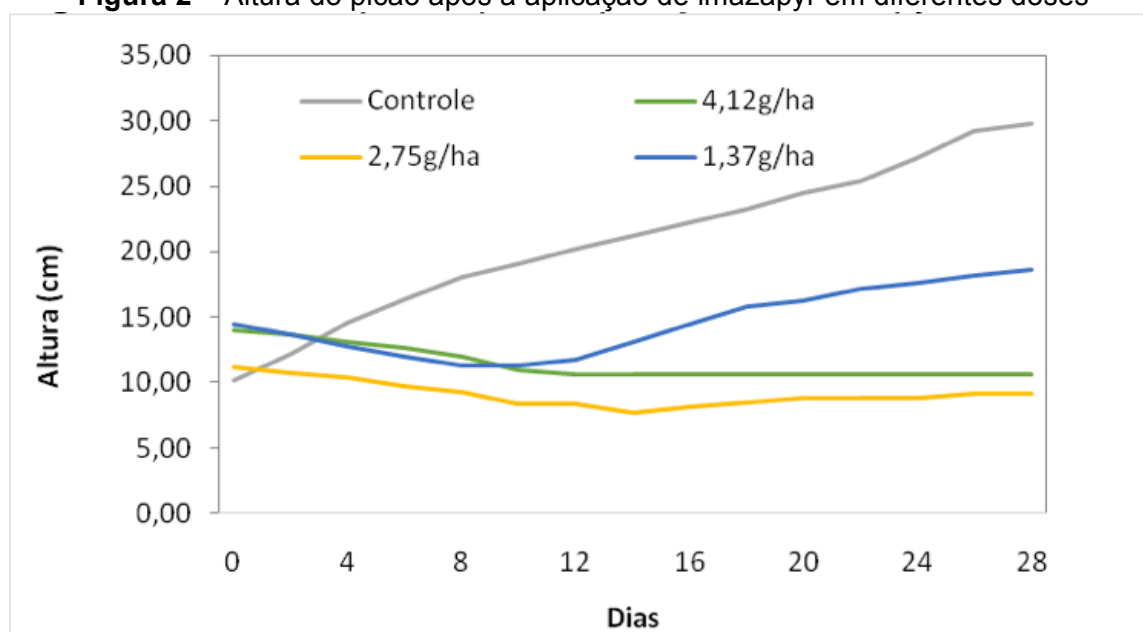
Tratamento	Dose (g/ha)	tiririca (<i>Cyperus rotundus</i>)														
		10 DDA			20 DDA			28 DDA			32 DDA			40 DDA		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Controle	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	4,12	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4	4	4	4	4
2	2,75	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4	4	4
3	1,37	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4

Em uma pesquisa similar estudou-se o controle químico por herbicida (glifosato) do capim-amargoso (*Digitaria insularis*), que também apresenta reprodução vegetativa através de rizomas. Os autores relataram que o controle não foi satisfatório e uma das explicações seria a reserva de amido acumulada nos rizomas que dificulta a translocação do herbicida, permitindo uma rápida rebrota da parte aérea após sua aplicação. Dessa forma, o melhor período para controle dessa espécie seria até os 35 dias

após a emergência, antes da formação dos rizomas (CARVALHO, 2011).

A **Figura 2** mostra a altura das plantas de picão após a aplicação do imazapyr em diferentes doses. Ao final do experimento (28 DDA), o controle apresentou o triplo da altura inicial (29,75cm). Nota-se que as doses de 4,12g/ha e 2,75g/ha, conseguiram controlar mais eficazmente o crescimento das plantas de picão. As plantas submetidas à menor dose de imazapyr (1,37g/ha) inicialmente teve um declíneo, mas voltou a crescer a partir de 12 DDA, em uma taxa próxima a do controle.

Figura 2 – Altura do picão após a aplicação de imazapyr em diferentes doses



No final do experimento com picão (28 DDA), observou-se um menor acúmulo de biomassa nas plantas submetidas ao tratamento 1 e 2 (4,12g/ha e 2,75g/ha de imazapyr, respectivamente), variando de 2% a

6% da biomassa acumulada no controle. Essas plantas apresentaram sintomas de fitointoxicação (12 DDA) mais rapidamente que no controle e no tratamento 3, interferindo em seu crescimento (**Tabela 4**).

Tabela 4 – Massa seca final em relação ao controle

Tratamento	Dose (g/ha)	<i>Bidens pilosa</i>			<i>Cyperus rotundus</i>		
		Massa seca (28 DDA)			Massa seca (40 DDA)		
		Parte aérea (g)	Raiz (g)	Total (%)	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Total (%)
Controle	-	4,45	3,62	100	1,96	0,94	100
1	4,12	0,16	0,03	2,35	0,83	0,20	35,52
2	2,75	0,20	0,36	6,94	0,73	0,61	46,21
3	1,37	2,55	0,84	42,01	0,93	0,63	53,79

O imazapyr pertence ao grupo químico das imidazolinonas e atua na inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina (TREZZI; VIDAL, 2001). A via biossintética desses três aminoácidos apresenta em comum o uso de uma enzima chamada *acetolactato sintetase* (ALS), que participa na fase inicial do processo metabólico (CHRISTOFFOLETI; CORTEZ; MONQUEIRO, 2001). Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta susceptível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, impedindo a formação do acetolactato, indispensável para que as demais reações prossigam. A paralização na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralização do crescimento (KISSMANN, 2003).

A concentração do herbicida que reduziu em 50% o acúmulo de biomassa (I_{50}) em relação à massa seca inicial, foi de 66 e 38,5 $\mu\text{g/g}$ para o picão e a tiririca, respectivamente (Figuras 3 e 4). Firmino et al. (2008), através de seu estudo com sorgo (*Sorghum bicolor*), utilizando o herbicida imazapyr, determinou o valor do I_{50} que foi de

0,0294 $\mu\text{g/g}$, em um solo muito argiloso. Essa diferença de valor pode ser atribuída ao tipo de planta usada neste último estudo, onde a massa seca do sorgo foi muito baixa, por volta de 120 mg, enquanto que a massa seca do picão e tiririca eram por volta de 2 a 4 g.

CONCLUSÃO

O herbicida imazapyr controlou eficazmente o picão aos 12 DDA somente na maior dose usada neste estudo, 4,12 g/ha, não apresentando rebrota. Os demais tratamentos causaram injúrias nas plantas, mas não o suficiente para levá-las à morte, apresentando rebrota aos 14 DDA. Em relação à tiririca, não houve um controle eficaz, uma vez que as plantas não chegaram à morte em nenhum dos tratamentos, causando apenas injúrias como clorose e necrose a partir dos 28 DDA. O referido estudo foi realizado em vasos, mas seria interessante a sua concepção em um espaço maior, preferencialmente em campo aberto, com alta densidade de pragas e dosagens maiores para uma visão mais holística a respeito dos efeitos deste herbicida.

Figura 3 – Inibição de crescimento em relação a dose para o picão

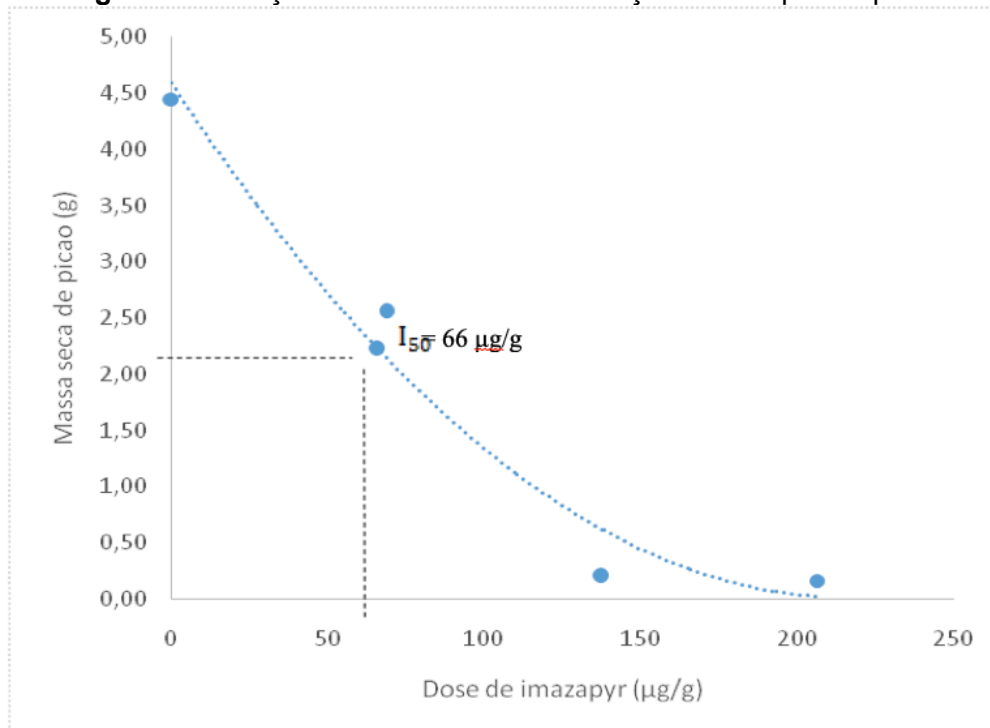
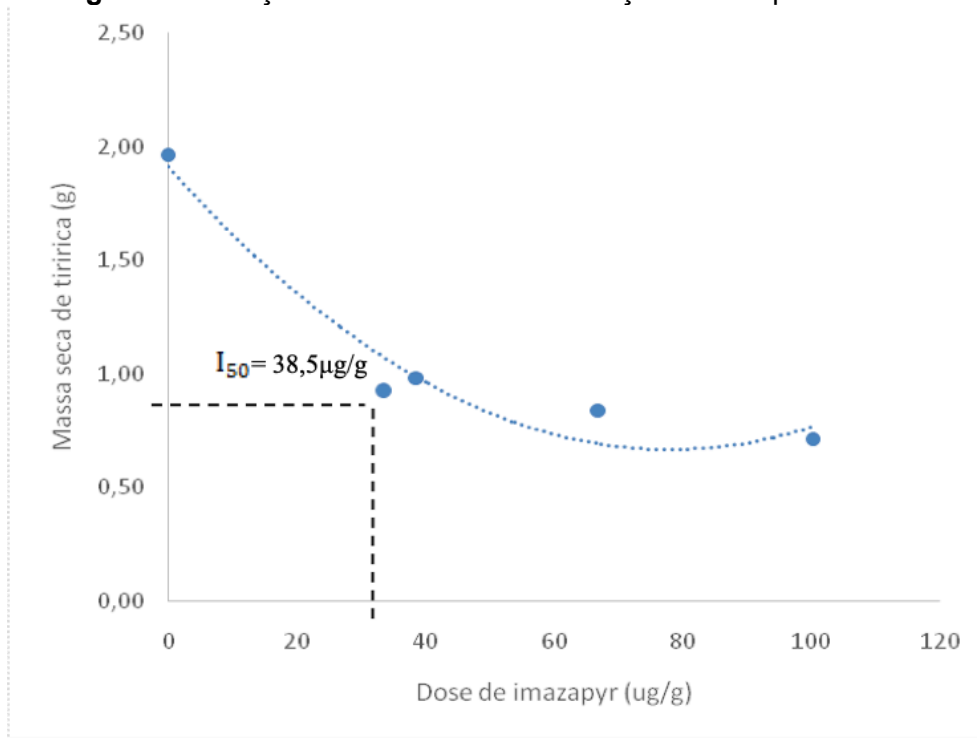


Figura 4 – Inibição de crescimento em relação a dose para a tiririca



REFERÊNCIAS

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. **Biologia de Plantas Daninhas. Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 2011. Disponível em:

<<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap1.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2015.

CARBONARI, C. A. et al. Controle de *Brachiaria subquadripara* e *Brachiaria mutica* através de diferentes herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 21, p. 79-84, 2003. Edição Especial.

CARVALHO, L. B. **Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate**. 118p. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita”, Jaboticabal, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CORTEZ, M. G.; MONQUEIRO, P. A. Bases da Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. In: III

Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 2001, Passo Fundo, RS. **Resumo de Palestras**. Editora Aldeia Norte, p.39-53, 2001.

FIRMINO, L. E. et al. Sorção do imazapyr em solos com diferentes texturas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, 2008.

FRANCHIN, L. H. M. **Manejo de plantas daninhas e seletividade de sistemas de controle químico para a cultura do algodão Liberty Link®**. Universidade Federal de Maringá, 2012.

GAVRILESCU, M. Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. **Engineering in Life Sciences**, v. 5, n. 6, 2005.

GONÇALVES, A. H. et al. Eficiência de imazapyr no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) em solos de várzea. **Plantas problemáticas**, XXI CBCPD. Caxambu-MG, 6 a 11 de julho de 1997.

GONÇALVES, A. H. et al. Controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) e efeito residual sobre a cultura de feijão do herbicida Imazapyr. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 435-443, 2001.

KISSMANN, K. G. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. 2003. Disponível em: <http://www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_reistencia_herbicidas.doc>. Acesso em: 08 jul. 2015.

KRAEMER, A. F. et al. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 629-639, 2009.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. **Herbicidas inibidores da ALS**. Herbicidologia/Vidal, R.A., Merotto Jr, A. (Editores). Porto Alegre, 2001. p. 25-36.

XAVIER, F. P. **Plantas daninhas**. In: Um curso de manejo de áreas de várzea do Mato Grosso do Sul, 1, 1992, p.87-127.