

## MONITORAMENTO DA ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DA SOJA EM REGIÃO DE CERRADO

DAN, H. A.<sup>1</sup>; BARROSO, A.L.L.<sup>2</sup>; DAN, L.G.M.<sup>1</sup>; PROCÓPIO, S.O.<sup>3</sup>; OLIVEIRA JR., R.S.<sup>1</sup>; SIMON, G.A.<sup>2</sup>; CONSTANTIN, J.<sup>1</sup>; GUADANIN, E.<sup>4</sup>; BRAZ, A.J.B.P.<sup>2</sup>; GEMELLI, A.<sup>1</sup>; OSIPE, J.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá (UEM/NAPD), Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá, PR. [halmeidadan@gmail.com](mailto:halmeidadan@gmail.com); <sup>2</sup> Professores da Faculdade de Agronomia da Universidade de Rio Verde, GO (FESURV), Faz. Fontes do Saber, CEP 75901-970, Rio Verde, GO; <sup>3</sup> Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 49025-040 Aracaju-SE; <sup>4</sup> Graduando(a) em Agronomia da FESURV.

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade residual de herbicidas utilizados em pré e pós-emergência da cultura da soja. Com esse propósito foram coletadas amostras de solo de 0 a 15 cm de profundidade em unidades experimentais que continham os seguintes tratamentos: imazaquim (0,161 kg ha<sup>-1</sup>), diclosulam (0,035 kg ha<sup>-1</sup>), sulfentrazone (0,600 kg ha<sup>-1</sup>) e flumioxazin (0,05 kg ha<sup>-1</sup>) em aplicações realizadas em pré-emergência e chlorimuron-ethyl (0,015 kg ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (0,060 kg ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (0,100 kg ha<sup>-1</sup>) e fomesafen (0,250 kg ha<sup>-1</sup>) aplicados em pós-emergência da cultura da soja (Estádio V3, 18 DAE), além de uma testemunha sem a aplicação de herbicidas. Em casa de vegetação, foram conduzidos dois ensaios, onde em cada ensaio adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, em esquema fatorial 5 x 6, representados pelos tratamentos de cada modalidade de aplicação (pré e pós-emergência), descritos anteriormente, sendo as amostras de solo coletadas em seis épocas distintas (0, 35, 70, 105, 140 e 200 dias após a aplicação). Foi utilizado o pepino como espécie bioindicadora em cada unidade experimental, que foi composta de vasos de 1 dm<sup>3</sup> de capacidade. Determinou-se o acúmulo de material seco da parte aérea do pepino aos 20 dias após a emergência. O herbicida flumioxazin apresentou menor atividade residual quando comparados aos demais herbicidas pré-emergentes avaliados. O pepino apresentou elevada sensibilidade à atividade residual do herbicida sulfentrazone durante todo o intervalo de tempo estudado. A atividade residual de imazethapyr (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) foi observada por período de até 165 dias, ao contrário dos demais herbicidas pós-emergentes que apresentaram atividade residual inferior a 130 dias, em condição de Cerrado.

**Palavras-chave:** Carryover, diclosulam, sulfentrazone, flumioxazin, chlorimuron-ethyl, imazethapyr, fomesafen.

### Abstract

The objective this study was to evaluate the residual activity of herbicides used in pre-and post-emergence soybean culture. For this purpose, soil samples were collected 0-15 cm deep in experimental units that contained the following treatments: imazaquin (0,161 kg ha<sup>-1</sup>), diclosulam (0,035 kg ha<sup>-1</sup>), sulfentrazone (0,600 kg ha<sup>-1</sup>) and flumioxazin (0,05 kg ha<sup>-1</sup>) for applications made on pre-emergence and chlorimuron-ethyl (0,015 kg ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (0,060 kg ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (0,100 kg ha<sup>-1</sup>) and fomesafen (0,250 kg ha<sup>-1</sup>) applied post-emergence of soybean (V3 stadium, 18 DAE), and a control without herbicide application. In the greenhouse, two experiments were conducted, where each test was adopted a completely randomized design with five replications in a factorial scheme 5 x 6, represented by the treatments of each type of application (pre-and post-emergence), described previously, and soil samples collected at six different times (0, 35, 70, 105, 140 and 200 days after application). Cucumber was used as bioindicator species in each experimental unit, composed of vessels of a 1 dm<sup>3</sup> of soil. It was determined by the accumulation of dry matter of cucumber to 20 days after emergence. The herbicide flumioxazin had lower residual activity when compared to other pre-emergence herbicides evaluated. The cucumber showed high sensitivity to residual activity of sulfentrazone for the entire time interval studied. The residual activity of imazethapyr (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) was observed for up to 165 days. The other herbicides had residual activity of less than 130 days, in condition of Cerrado.

**Key-words:** Carryover, diclosulam, sulfentrazone, flumioxazin, chlorimuron-ethyl, imazethapyr, fomesafen.

## Introdução

Apesar de ser considerada uma ferramenta indispensável no controle de plantas daninhas, a atividade residual de um herbicida no solo, apresenta grande complexidade no sistema solo-planta (Oliveira Jr. et al., 2006), sendo indispensável seu entendimento no manejo de culturas em sucessão e até mesmo em rotação. Efeitos negativos da atividade residual de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre culturas em sucessão, tem sido relatado nas culturas do algodão (Grichar et al., 2004), milho (Ulbrich et al., 2005), girassol (Brighenti et al., 2002), sorgo (Silva et al., 1999) e olerícolas (Szmigielski et al., 2009).

Dentre os herbicidas utilizados em pré-emergência na cultura da soja destacam-se imazaquim, diclosulam, sulfentrazone e flumioxazin, por outro lado, em pós-emergência, considera-se frequente a utilização dos herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethapyr e fomesafen.

O imazaquim pertence à família das imidazolinonas, atuando na inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS) (Rodrigues & Almeida, 2005). Possui meia-vida média no solo de 60 dias (Ahrens, 1994), mas sua atividade residual ainda pode ser observada, em alguns casos, de 90 a 180 dias após a aplicação (Silva et al., 1998).

O diclosulam pertence ao grupo químico das triazolpirimidina sulfonanilidas, atuando na inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS) (Rodrigues & Almeida, 2005). Segundo Cobucci et al. (2004), apresenta grande mobilidade na palha sendo indicado para o controle de plantas daninhas na cultura da soja no sistema de plantio direto. Apresenta meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de 67 dias em áreas cultivadas em sistema de plantio direto e 87 dias para solos cultivados convencionalmente (Lavorenti et al., 2003).

O sulfentrazone é um herbicida inibidor da enzima Protox (protoporfirinogênio oxidase), registrado para as culturas da soja, cana-de-açúcar, café e citros (Rodrigues & Almeida, 2007). Pode persistir no solo por um período superior a 539 dias (Blanco & Velini, 2005), com bioatividade mais intensa em solos de textura argilosa ou contendo elevados teores de matéria orgânica (Reddy & Locke, 1998), onde é sorvido eficientemente e desorvido lentamente.

Flumioxazin é um herbicida inibidor da enzima Protox (protoporfirinogênio oxidase), registrado para uso em condições de pré-emergência, no controle de plantas daninhas de folhas largas e de algumas monocotiledôneas na cultura da soja (Rodrigues & Almeida 2005), sendo adsorvido pelos colóides do solo e principalmente pela matéria orgânica. Apresenta rápida dissipação no solo, ou seja, meia-vida pode variar de 10 a 25 dias (Ferrell et al., 2005).

O chlorimuron-ethyl pertence à família das sulfoniuréias, atuando na inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), recomendado para o controle de plantas daninhas em pós-emergência da soja (Rodrigues & Almeida, 2005). Trabalhos de campo realizados por Curran & Knake (1987), indicaram reduções do peso de matéria seca e da estatura de plântulas de milho cuja semeadura foi feita um ano após a aplicação de chlorimuron-ethyl. Para Rodrigues & Almeida (2005), a semeadura do milho só deve ser realizada após um período de 60 dias entre a aplicação do chlorimuron-ethyl.

O imazethapyr pertence à família das imidazolinonas, tendo como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), rota principal da síntese de valina, leucina e isoleucina, que são aminoácidos considerados essenciais para as plantas (Tam et al., 2006). É um herbicida recomendado para aplicação em pré e pós-emergência da cultura da soja. Estima-se que sua meia-vida varie de 2,6 a 10,2 meses em regiões de clima temperado (Aichele & Penner, 2005). O efeito residual de imazethapyr sobre a cultura do milho em sucessão à soja foi mais evidente quando o milho foi semeado durante o intervalo de 0 a 87 dias após a aplicação de 80 g ha<sup>-1</sup> do herbicida (Ulbrich et al., 2005).

O fomesafen pertence ao grupo químico dos difeniléteres, sendo considerado um herbicida inibidor da Protox (protoporfirinogênio oxidase), registrado para as culturas da soja e feijão (Rodrigues & Almeida, 2005). Apresenta solubilidade em água de 50 mg L<sup>-1</sup>, sendo considerado um herbicida ácido (pKa: 2,83), fortemente adsorvido pela matéria orgânica do solo. No entanto, sua adsorção encontra-se estritamente relacionada com o pH do solo (Guo et al., 2003). Pode persistir no solo por um período superior a um ano (Vencill, 2002). Segundo Rauch et al. (2007), o fomesafen apresenta meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de 66 dias, chegando a 100 dias em solos da região de cerrado (Cobucci et al., 1998).

Pouco-se conhece o comportamento desses herbicidas em condições de cerrado. Com esse intuito, o presente trabalho teve por objetivo determinar a atividade residual dos herbicidas imazaquim,

diclosulam, sulfentrazone e flumioxazin, chlorimuron-ethyl, imazethapyr e fomesafen após a sua utilização na cultura da soja.

## Material e métodos

O experimento foi conduzidos no Campus da Faculdade de Agronomia da FESURV - Universidade de Rio Verde, em Rio Verde, GO, (17°47'03" S, 50°57'32" W, a 743 de altitude), durante o período de novembro de 2008 a julho de 2009.

A implantação ocorreu em um Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa, com as seguintes características químicas e físicas na profundidade de 0-20 cm: pH em CaCl<sub>2</sub>: 4,8; Ca: 1,83 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg: 1,07, cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al: 0,27 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al: 5,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K: 213 mg dm<sup>-3</sup>; P: 10,56 mg dm<sup>-3</sup>; CTC: 10,16 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MO: 28,84 g kg<sup>-1</sup>, Argila 510 g kg<sup>-1</sup>, Silte 50 g kg<sup>-1</sup> e Areia 440 g kg<sup>-1</sup>.

Cerca de 15 dias antes da semeadura da soja, foi realizado o manejo químico das plantas daninhas presentes na área, com a utilização de 1,8 kg ha<sup>-1</sup> de glyphosate + 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de 2,4-D, complementada com uma aplicação de [0,2 + 0,1] kg ha<sup>-1</sup> de [paraquat + diuron] 48 horas antes da semeadura.

O cultivar de soja M-SOY 6101 de ciclo precoce foi semeado no dia 21 de novembro de 2008, em espaçamento de 0,5 m, de forma mecanizada, obtendo-se uma população final de 230 mil plantas ha<sup>-1</sup>. No momento da semeadura, realizou-se uma adubação de base com 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (super fosfato simples) e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Também realizou-se adubação de cobertura com 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos 30 dias após a emergência. Os herbicidas foram aplicados numa area de 80 m<sup>2</sup>.

**Tabela 1.** Relação dos tratamentos utilizados no ensaio realizado em Rio Verde GO-2008/2009.

Tratamento	Nome comercial	Modalidade	Dose	
			i.a. kg ha <sup>-1</sup>	p.c. L ou kg ha <sup>-1</sup>
testemunha	-	-	-	-
imazaquim	Scepter <sup>®</sup>	Pré	0,1610	1,0
diclosulam	Spider <sup>®</sup>	Pré	0,035	0,042
sulfentrazone	Boral <sup>®</sup>	Pré	0,600	1,2
flumioxazin	Flumyazin <sup>®</sup>	Pré	0,05	0,1
chlorimuron-ethyl	Classic <sup>®</sup>	Pós	0,015	0,06
imazethapyr	Pivot <sup>®</sup>	Pós	0,06	0,6
imazethapyr	Pivot <sup>®</sup>	Pós	0,1	1,0
Fomesafen	Flex <sup>®</sup>	Pós	0,25	1,0

A aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada utilizando-se um pulverizador costal com pressurização por CO<sub>2</sub>, munido de barra de 2m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo AI110-02 (0,5 m entre pontas), pressão de serviço de 2,5 kgf cm<sup>-2</sup>, proporcionando volume de calda equivalente a 150 L ha<sup>-1</sup>. A condição ambiental no momento da aplicação foi à seguinte: Herbicidas pré-emergentes: temperatura média de 27,2°C, UR média de 79% e velocidade do vento média de 6,1 km h<sup>-1</sup>; Herbicidas pós-emergentes: temperatura média de 24,2°C, UR média de 81% e velocidade do vento média de 5,1 km h<sup>-1</sup>. O regime pluviométrico da região foi regular durante os meses de condução do ensaio a campo.

Visando avaliar a persistência de resíduos dos herbicidas empregados no presente ensaio (Tabela 1), optou-se pela utilização de plantas bioindicadoras de pepino. Em casa de vegetação, implantou-se dois ensaios, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 6, representados pelos tratamentos descritos anteriormente (Tabela 1), sendo as amostras de solo coletadas em seis épocas (0, 35, 70, 105, 140 e 200 dias após a aplicação).

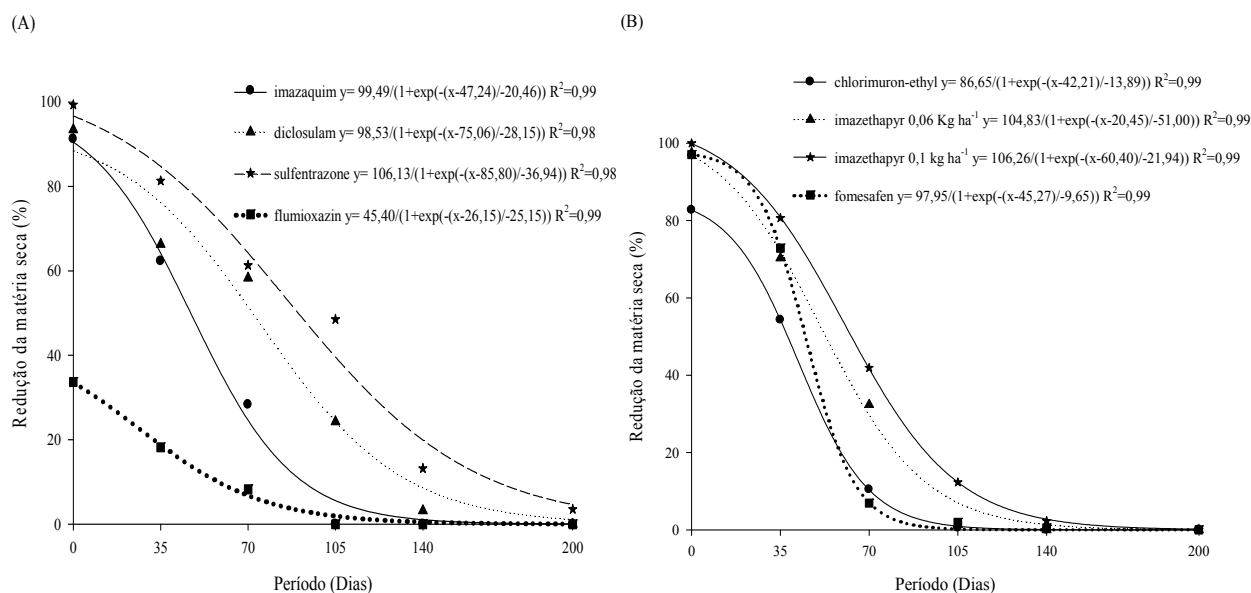
As amostras compostas de solo foram retiradas da profundidade de 0-15 cm em cada parcela tratada no campo. Para compor cada amostra, foram feitas 20 subamostras por tratamento, as quais foram misturadas e homogeneizadas. Essas subamostras foram colocadas em vasos de plástico com 1 dm<sup>3</sup> de capacidade e acondicionadas em casa de vegetação posteriormente, para realização do bioensaio. Durante esse período os vasos receberam irrigações diárias para manutenção de 75% da capacidade de campo. Aos 25 dias após a semeadura, a parte aérea das plantas foi coletada, procedendo-se à secagem do material em estufa de ventilação forçada, a 72°C por 24 horas, para determinação da massa seca.

Visando eliminar a influência do ambiente nas épocas de condução dos bioensaios, os dados de matéria foram transformados em valores percentuais em relação ao tratamento testemunha, adotando-se para cada época valor referencial de 100%, para em seguida serem submetidos à análise de variância.

Para todos os ensaios, os resultados foram submetidos a uma transformação ( $\sqrt{x+1}$ ) para seguir os pressupostos necessários para a análise de variância, que foi realizada com o programa estatístico Sisvar. Foram ajustados modelos não lineares de regressão para as variáveis que apresentaram significância, utilizando-se posteriormente o programa Sigma Plot versão 10.0 para a confecção das curvas de regressão.

## Resultados e discussão

Por meio da utilização da espécie bioindicadora de pepino, foi possível verificar o comportamento diferencial dos tratamentos herbicidas utilizados no ensaio (Figura 1). Além da interação significativas para todas as variáveis avaliadas, pôde ser observado, que os herbicidas não afetaram os processos de germinação e emergência da espécie bioindicadora. Entretanto, sintomas de intoxicação foram intensos, e suficientes para causar mortalidade das plantas cultivadas em solo que recebeu os tratamentos imazaquim, diclosulan, sulfentrazone, imazethapyr (ambas doses) e fomesafen em amostras coletadas logo após a aplicação dos herbicidas (0 DAA). Esses efeitos foram observados em menor intensidade para cultivos com maiores intervalos de tempo entre a aplicação dos herbicidas e coleta das amostras para realização do bioensaio.



**Figura 1.** Redução no acúmulo de matéria seca da parte aérea em plantas de bioindicadoras, pepino em relação a testemunha, em função da época de coleta das amostras de solo realizadas após a aplicação dos tratamentos herbicidas (A) pré-emergentes e (B) pós-emergentes.

Considerando a porcentagem de redução de matéria seca da parte aérea em plantas bioindicadoras (Figura 10A), observa-se que o herbicida flumioxazin apresentou menor persistência quando comparado aos demais herbicidas pré-emergentes, sendo constatada bioatividade em intervalos de tempos inferiores a 100 DAA. Sulfentrazone proporcionou maior atividade residual, sendo observados efeitos significativos durante todo o intervalo de tempo estudado. Segundo Blanco & Velini (2005), a atividade residual desse herbicida pode persistir no solo por um período superior a 539 dias.

Com relação aos herbicidas pós-emergentes, imazethapyr na dose de 0,1 kg ha<sup>-1</sup>, apresentou bioatividade durante todo o intervalo de 0 a 165 DAA. Entretanto, a menor dose desse herbicida causou efeitos deletérios sobre a espécie bioindicadora até o 105 DAA. O efeito residual de imazethapyr sobre a

cultura do milho em sucessão à soja foi mais evidente quando o milho foi semeado durante o intervalo de 0 a 87 dias após a aplicação de 80 g ha<sup>-1</sup> do herbicida (Ulbrich et al., 2005).

É importante a realização de novos estudo, principalmente em região dos cerrado, a fim de elucidar os efeitos destes herbicidas sobre species cultivadas em sucessão a soja.

O presente trabalho denota que o herbicida flumioxazin apresentou menor atividade residual quando comparados aos demais herbicidas pré-emergentes. O bioindicador apresentou elevada sensibilidade à atividade residual do herbicida sulfentrazone durante todo o intervalo de tempo estudado. A atividade residual de imazethapyr (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) foi observada por período de até 165 dias, ao contrário dos demais herbicidas pós-emergentes que apresentaram atividade residual inferior a 130 dias, em condição de Cerrado.

### Literatura citada

- AICHELE, T.M.; PENNER, D. Adsorption, desorption, and degradation of imidazolinones in soil. **Weed Techn.**, v.19, n.1, p.154-159, 2005.
- AHRENS, W.H. (ed.). **Herbicide handbook**. 7.ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352 p.
- BLANCO, F.M.G.; VELINI, E.D. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com soja e seu efeito em culturas sucedâneas. **Planta Daninha**, v.23, n.4, p.693-700, 2005.
- BRIGHENTI, A.M. et al. Persistência e fitotoxicidade do herbicida atrazine aplicado na cultura do milho sobre a cultura do girassol em sucessão. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.291-297, 2002.
- COBUCCI, T. et al. Efeito residual de herbicidas em pré-plantio do feijoeiro, em dois sistemas de aplicação em plantio direto e sua viabilidade econômica. **Planta Daninha**, v.22, n.4, p.583-590, 2004.
- COBUCCI, T. et al. Effect of imazamox, fomesafen and acifluorfen soil residue on rotational crops. **Weed Sci.**, v.46, n.3, p.258-263, 1998.
- CURRAN, W.S.; KNAKE, E.L. Rotational crop injury potential for corn following clomazone, imazaquim, imazethapyr and chlorimuron in Illinois. In: MAINZ, M. J. & SUTOR, J. J. **Northwestern Illinois Agricultural Research and Demonstration Center**, Report of Research Results. Urbana-Champaign, Univ. of Illinois. 1987. p.114-119.
- FERRELL, J.A.; VENCILL, W.K.; XIA, K.; GREY, T.L. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science**, v.61, n.1, p.40-46, 2005.
- GRICHAR, W.J. et al. Cotton response to imazapic and imazethapyr residues following peanut. **The Texas J. Agr. Nat. Res.**, v.17, n.1, p.1-8, 2004.
- GUO, J. et al. Adsorption, desorption and mobility of fomesafen in Chinese soils. **Air, Wat. Soil Pol.**, v.14, n.8, p.77-85, 2003.
- LAVORENTI, A. et al. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira Ciência do solo**, v.27, n.2, p.183-190, 2003.
- OLIVEIRA JR., R.S. et al. Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutole no solo. **Planta Daninha**, v.24, p.733-740, 2006.
- RAUCH, B.J. et al. Dissipation of fomesafen in New York state soils and potential to cause carryover injury to sweet corn. **Weed Technol.**, v.21, n.1, p.206-212, 2007.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.
- SILVA, A.A. et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.345-354, 1999.
- SILVA, A.A. et al. Avaliação da atividade residual no solo de imazaquim e trifluralin através de bioensaios com milho. **Acta Scientiarum**, v.20, n.3, p.291- 295, 1998.
- ULBRICH, A.V.; SOUZA, J.R.P.; SHANER, D.E. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. **Weed Technology**, v.19, n.4, p.986-991, 2005.
- ULBRICH, A.V.; SOUZA, J.R.P.; SHANER, D.E. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. **Weed technol.**, v.19, n.4, p.986-991, 2005.