

## ADUBOS VERDES NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS COM O HERBICIDA TEBUTHIURON

*Fábio Ribeiro Pires*

Prof. Adjunto, FESURV-Universidade de Rio Verde, Faculdade de Agronomia, 75901-970, Rio Verde-GO, (64) 620-2291, frpires@fesurv.br

*Sergio de Oliveira Procópio*

Prof. Adjunto, FESURV-Universidade de Rio Verde, Faculdade de Agronomia, 75901-970, Rio Verde-GO, (64) 620-2291, soprocpio@yahoo.com.br

*Caetano Marciano de Souza*

Prof. Adjunto, UFV, Depto. de Fitotecnia, 36500-000, Viçosa-MG, cmsouza@ufv.br

*José Barbosa dos Santos*

Doutorando, Dept. Fitotecnia, UFV, 36500-000, Viçosa-MG, jbarbosasantos@yahoo.com.br

*Gilson Pereira Silva*

Prof. Titular, FESURV-Universidade de Rio Verde, Faculdade de Agronomia, 75901-970, Rio Verde-GO, (64)620-2291, gilson@fesurv.br

**RESUMO** - Resíduo de tebuthiuron, utilizado na cultura da cana-de-açúcar, pode ser encontrado no solo até dois ou mais anos após sua aplicação. Pesquisas recentes vêm sendo conduzidas empregando a fitorremediação na tentativa de retirá-lo do solo. Desenvolveu-se este trabalho com o objeto de avaliar a eficácia do uso de adubos verdes na fitorremediação do herbicida tebuthiuron. As espécies avaliadas foram: *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Dolichos lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Estizolobium deeringianum*, *Estizolobium aterrimum* e *Lupinus albus*, semeadas e cultivadas em vasos com solo tratado com diferentes doses de tebuthiuron (0,0; 0,5; 1,0; e 1,5 kg ha<sup>-1</sup>). Foi mantida uma testemunha sem planta, submetida às mesmas doses. Sessenta dias após a semeadura colheu-se a parte aérea de todas as plantas e semeou-se soja no mesmo vaso. Sessenta dias após a semeadura, as plantas de soja foram colhidas, sendo realizadas as seguintes avaliações: altura de plantas, sintomas de fitotoxicidade, biomassa seca da parte aérea das plantas e a área foliar (AF). Até a dose de 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de tebuthiuron, a espécie que melhor fitorremediou esse herbicida foi *L. albus*. Quando o solo foi tratado com 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de tebuthiuron, o *C. ensiformis*, seguido de *L. albus* e *S. aterrimum*, foram os tratamentos que melhor fitorremediaram o tebuthiuron, por resultarem em maior altura de plantas, biomassa seca da parte aérea e menor fitotoxicidade e ainda a maior AF das plantas de soja. Quando foi aplicado 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de tebuthiuron não foi possível avaliar a fitorremediação, pois as plantas testadas foram eliminadas.

**Palavras-Chave:** despoluição do solo, fitodegradação, bioensaio, *Glycine max*.

## GREEN MANURE IN PHYTOREMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS BY TEBUTHIURON HERBICIDE

**ABSTRACT** - The tebuthiuron residue, used in the sugar-cane culture, can be found in soil until two or more years after its application. Recent researches are being done using the phytoremediation in the attempt of removing it from the soil. The purpose of this work was to evaluate the effectiveness of the green manure use in the phytoremediation of the tebuthiuron herbicide. The evaluated species were: *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Dolichos lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Estizolobium deeringianum*, *Estizolobium aterrimum* and *Lupinus albus*. These were sown and cultivated in pots containing soil treated with different doses of tebuthiuron (0.0; 0.5; 1.0; and 1.5 kg.ha<sup>-1</sup>). A control treatment without green manure, submitted to the same dosages, was kept. Sixty days after planting, green manure aerial part of all plants were harvested and soybean was sowed in the same pot, to bioassay accomplishment. Sixty days after sowing, the soybean plants were harvested, being the following evaluations carried out: height of plants, phytotoxicity symptoms and plants above ground dry biomass and leaf area. Until 0.5 kg.ha<sup>-1</sup> tebuthiuron dosage, the species that better phytoremediated this herbicide was *L. albus*. When the soil was treated with tebuthiuron at 1.0 kg.ha<sup>-1</sup>, the *C. ensiformis*, followed by *L. albus* and *S. aterrimum*, they were the treatments that better phytoremediated tebuthiuron because results in highest plant height, above ground dry biomass and lesser phytotoxicity symptoms and still the biggest foliar area of the soybean plants. When the tebuthiuron was applied at 1.5 kg ha<sup>-1</sup> dosage, it was impossible to evaluate the phytoremediation, as the tested plants were eliminated.

**Keywords:** soil depollution, phytodegradation, bioassay, *Glycine max*.

## INTRODUÇÃO

O emprego da fitorremediação na despoluição de solos com níveis elevados de compostos orgânicos, inclusive herbicidas, vem sendo pesquisado nos últimos anos (LISTE e ALEXANDER, 1999; ROGERS *et al.*, 1996; VOSE *et al.*, 2000), e apresenta-se como técnica promissora pois, além de menor custo, possibilita a metabolização dos compostos orgânicos, não havendo, nessa situação, necessidade de retirada das plantas remediadoras da área contaminada (CUNNINGHAM *et al.*, 1996).

O tebuthiuron é um herbicida que pode causar impacto ambiental, por apresentar longo efeito residual no solo (APPROBATO FILHO *et al.*, 1988; MEYER e BOVERY, 1988) e também pela possibilidade de contaminação de lençol de água subterrâneo (DORNELAS DE SOUZA *et al.*, 2001). Por essas razões, torna-se importante o estudo de técnicas que possibilitem a redução de seus níveis no solo. Em ensaios de seletividade de plantas ao tebuthiuron, visando sua remediação, constatou-se que, em concentrações baixas desse herbicida, espécies de adubos verdes como mucuna-preta, tremoço-branco e feijão-deporco mostraram-se promissoras (PIRES *et al.*, 2003). Entretanto, a seletividade é apenas o primeiro passo para se identificar espécies fitorremediadoras, devendo-se comprovar se elas efetivamente diminuem os níveis do contaminante, ou simplesmente o toleram.

Diversos exemplos de eficiência da fitorremediação de herbicidas, principalmente atrazina, foram obtidos empregando-se a planta daninha *Kochia scoparia* (ANDERSON *et al.*, 1994; PERKOVICH *et al.*, 1996; KRUGER *et al.*, 1997; ARTHUR *et al.*, 2000). Todavia, essa espécie apresenta restrições por ser de difícil controle (ANDERSON *et al.*, 1994), representando sério risco a sua introdução em uma nova área. Em razão disso, é desejável a seleção de espécies que, além de fitorremediarem o contaminante, apresentem fácil controle posterior, como ocorre com algumas espécies utilizadas para adubação verde.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a despoluição de tebuthiuron no solo promovida por espécies com potencial para fitorremediação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. A unidade experimental foi constituída de um vaso de polietileno com capacidade para 5 dm<sup>3</sup> de

substrato. Utilizou-se material de solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, coletado sob vegetação de mata secundária, na profundidade de 0-20 cm, peneirado em malha de 0,004 m e caracterizado físico-quimicamente (Tabela 1). Essa caracterização serviu de base para a correção e as adubações realizadas visando bom desenvolvimento das espécies avaliadas como fitorremediadoras e das plantas bioindicadoras.

O experimento foi montado seguindo um esquema fatorial 8x4 (7 espécies + 1 testemunha e 4 doses de tebuthiuron) no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. As sete espécies utilizadas foram previamente selecionadas quanto à tolerância ao herbicida tebuthiuron, sendo elas: feijão-guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), lab-lab (*Dolichos lablab*), milheto (*Pennisetum glaucum*), mucuna-anã (*Estizolobium deeringianum*), mucuna-preta (*Estizolobium aterrimum*) e tremoço-branco (*Lupinus albus*), sendo mantida uma testemunha sem planta, submetida às mesmas condições.

O tebuthiuron foi aplicado em pré-emergência, nas doses 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 kg ha<sup>-1</sup>. Para a aplicação do herbicida utilizou-se pulverizador de precisão, pressurizado com gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e bicos 110.03 aplicando-se o equivalente a 260 L ha<sup>-1</sup> de calda.

A semeadura das espécies fitorremediadoras foi realizada um dia após a aplicação do tebuthiuron. Após a semeadura, os vasos foram irrigados sempre que necessário, a fim de manter a umidade do solo em torno de 80% da capacidade de campo, por 60 dias. Após esse período, a parte aérea de todas as plantas foi colhida, o solo foi novamente adubado, visando repor os nutrientes extraídos pelos adubos verdes.

Imediatamente após a nova adição de nutrientes, foi semeada e cultivada a soja por mais 60 dias, nos mesmos vasos utilizados para as plantas fitorremediadoras, sendo esta cultura utilizada como planta indicadora para realização do bioensaio. A soja foi escolhida em razão da elevada suscetibilidade ao tebuthiuron e por ser uma cultura utilizada em rotação com a cana-de-açúcar.

Ao término desse período foram avaliadas altura de plantas, biomassa seca da parte aérea, sintomas de fitotoxicidade das plantas e área foliar (AF) nas plantas de soja. A altura das plantas foi medida do colo até o meristema apical. Para determinar a massa seca da parte aérea, o material colhido foi secado em estufa

Tabela 1 – Composição granulométrica, classificação textural e composição química do solo utilizado no experimento<sup>1</sup>

Composição Granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )										
Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa	Classificação Textural						
47	8	14	31	Argilo-arenosa						
Composição Química										
pH (H <sub>2</sub> O)	P	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H + Al	CTC total	v	m	MO
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----		----- cmol. dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----		- dag kg <sup>-1</sup> -		
5,6	10,6	60	0,0	2,6	0,6	2,64	5,99	56	0	2,39

<sup>1</sup>Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da UFV, segundo a metodologia proposta por EMBRAPA (1997).

com circulação forçada de ar (70 ±2 °C) por 72 horas. Para a avaliação da fitotoxicidade, atribuíram-se notas de 0 a 100, de acordo com os sintomas de intoxicação observado na parte aérea das plantas, em que 0 (zero) representava ausência de sintomas e 100 (cem) a morte da planta.

Optou-se pela estatística descritiva por que não se verificaram as condições de normalidade da distribuição dos erros estimados e de homogeneidade da variância dos erros estimados, que são pressuposições do modelo estatístico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão da altura e biomassa seca da parte aérea de plantas de soja semeadas em sucessão a sete espécies fitorremediadoras, em solo tratado com quatro doses de tebuthiuron

Espécie	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0,0	0,5	1,0	1,5
Altura (cm)				
Testemunha	20,83 ± 3	14,06 ± 1	0,00 ± 0	0,00 ± 0
Feijão-guandu	13,84 ± 1	15,06 ± 3	0,00 ± 0	0,00 ± 0
Feijão-de-porco	13,83 ± 3	16,85 ± 4	14,00 ± 3	5,83 ± 10
Lablabe	13,25 ± 1	20,56 ± 3	12,83 ± 11	0,00 ± 0
Mucuna-anã	14,56 ± 3	13,33 ± 12	11,50 ± 10	0,00 ± 0
Milheto	16,94 ± 1	17,00 ± 4	4,00 ± 7	0,00 ± 0
Mucuna-preta	16,33 ± 2	18,55 ± 1	12,67 ± 11	0,00 ± 0
Tremoço-branco	14,75 ± 3	18,05 ± 1	12,67 ± 11	5,00 ± 9
Biomassa seca da parte aérea (g)				
Testemunha	1,39 ± 0,09	0,69 ± 0,96	0,00 ± 0	0,00 ± 0
Feijão-guandu	1,11 ± 0,38	0,58 ± 0,23	0,00 ± 0	0,00 ± 0
Feijão-de-porco	0,91 ± 0,15	0,61 ± 0,33	0,63 ± 0,78	0,12 ± 0,2
Lablabe	0,69 ± 0,16	0,72 ± 0,19	0,25 ± 0,24	0,00 ± 0
Mucuna-anã	1,16 ± 0,36	1,01 ± 0,88	0,08 ± 0,07	0,00 ± 0
Milheto	0,88 ± 0,24	0,93 ± 0,11	0,02 ± 0,03	0,00 ± 0
Mucuna-preta	0,67 ± 0,24	0,68 ± 0,15	0,28 ± 0,25	0,00 ± 0
Tremoço-branco	1,03 ± 0,16	1,11 ± 0,46	0,50 ± 0,45	0,29 ± 0,35

considerando-se suas perdas (NEGRISOLI *et al.*, 2005), além de sua absorção pela cultura. Esta dose pode ser tomada como uma indicação aproximada das condições normalmente encontradas nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar. Pessoa *et al.* (2003), avaliando a tendência do movimento vertical de tebuthiuron, em diversos solos sob cana-de-açúcar, relataram a presença de 68% da dose aplicada do produto, após um ano da aplicação.

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com os observados por Dal Piccolo & Christoffoleti (1985) e Johnsen & Morton (1991), os quais constataram o amplo espectro de ação do tebuthiuron. Esses autores observaram que a *Crotalaria juncea* apresentou crescimento inibido até 13 meses após a aplicação do herbicida. Todavia, Approbato filho *et al.* (1988) verificaram inibição do crescimento de feijão e redução no rendimento de grãos de soja e de amendoim, semeados até dois anos pós a aplicação de tebuthiuron na cultura da cana-de-açúcar.

Resultados semelhantes foram obtidos em trabalho que avaliou o efeito fitotóxico de tebuthiuron (0,96 kg ha<sup>-1</sup>) e tebuthiuron + diuron (0,96 + 0,80 kg ha<sup>-1</sup>) em solo argilo-arenoso, com intervalo de 364 dias entre a aplicação e o plantio (DAL PICCOLO *et al.*, 1986). Estes autores observaram que os tratamentos com tebuthiuron reduziram a produção do feijão em até 67%, em relação ao tratamento testemunha.

Verificou-se (Tabelas 2 e 3) que na dose zero, apesar de não ser observado efeito fitotóxico aparente nas plantas de soja, a testemunha, sem a presença de cultivo prévio, apresentou maiores valores médios absolutos de altura, biomassa e AF, em relação aos demais tratamentos (precedidos por adubos verdes). Nessa situação, deve ser considerada a possibilidade de ocorrência de efeito alelopático. Quando as espécies foram semeadas em solo.

tratado com 0,5 kg ha<sup>-1</sup>, lab-lab, mucuna-preta, tremoço-branco e feijão-de-porco, respectivamente, resultaram em maiores valores médios absolutos de altura de plantas de soja,

Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão de sintomas de fitotoxicidade e área foliar de plantas de soja semeadas em sucessão a sete espécies fitorremediadoras em solo tratado com quatro doses de tebuthiuron

Espécie	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0,0	0,5	1,0	1,5
	Fitotoxicidade (%)			
Testemunha	0 ± 0	43 ± 5	100 ± 0	100 ± 0
Feijão-guandu	0 ± 0	38 ± 15	100 ± 0	100 ± 0
Feijão-de-porco	0 ± 0	60 ± 10	61 ± 19	90 ± 17
Lablabe	0 ± 0	43 ± 12	87 ± 13	100 ± 0
Mucuna-anã	0 ± 0	43 ± 49	93 ± 6	100 ± 0
Milheto	0 ± 0	20 ± 0	99 ± 1	100 ± 0
Mucuna-preta	0 ± 0	33 ± 14	72 ± 25	100 ± 0
Tremoço-branco	0 ± 0	23 ± 15	75 ± 25	93 ± 12
	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )			
Testemunha	139,60 ± 21	83,21 ± 17	0,00 ± 0	0,00 ± 0
Feijão-guandu	125,75 ± 28	68,63 ± 29	0,00 ± 0	0,00 ± 0
Feijão-de-porco	116,09 ± 24	73,04 ± 35	53,75 ± 4	18,17 ± 31
Lablabe	74,63 ± 22	95,65 ± 14	35,64 ± 35	0,00 ± 0
Mucuna-anã	95,49 ± 39	98,63 ± 86	3,23 ± 2,9	0,00 ± 0
Milheto	101,21 ± 23	123,82 ± 23	0,24 ± 04	0,00 ± 0
Mucuna-preta	56,12 ± 12	84,68 ± 21	23,79 ± 22	0,00 ± 0
Tremoço-branco	91,67 ± 8	167,73 ± 42	72,39 ± 65	11,00 ± 0

porém, com valores muito próximos. Em relação à biomassa seca da parte aérea da soja cultivada em sucessão aos adubos verdes, há uma grande variação entre as espécies, com superioridade para o tremoço-branco e milheto. Em valores absolutos a fitotoxicidade foi maior na soja quando precedida pelo cultivo de feijão-de-porco, em relação a milheto, mucuna-preta e tremoço-branco. Quanto à AF, os maiores valores foram observados quando a soja foi precedida pelo cultivo de tremoço-branco, seguido pelo milheto.

Na dose 1,0 kg ha<sup>-1</sup>, nota-se redução expressiva da altura, da biomassa seca da parte aérea e da AF e aumento da fitotoxicidade nas plantas de soja em praticamente todos os tratamentos. Nesta dose, que é a média indicada para aplicação na cultura da cana-de-açúcar, o tebuthiuron encontra-se em concentração na qual o controle é efetivo para grande número de espécies (CHANG e STRITZKE, 1977; RODRIGUES e ALMEIDA, 1998). A atuação do tebuthiuron na inibição do processo fotossintético foi evidente nas plantas avaliadas, fato constatado pelas elevadas notas de fitotoxicidade. O herbicida promoveu danos severos às plantas de soja, concordando com os resultados encontrados por Steinert & Stritzke (1977), o que ocorreu, provavelmente, devido à obstrução do transporte de elétrons e paralisação da fotossíntese, além da ruptura das membranas (HESS e WELLER, 2000).

Quando se observou o efeito promovido pela maior dose utilizada (1,5 kg ha<sup>-1</sup>), verificou-se eliminação completa de quase todas as plantas de soja, excetuando-se quando esta cultura foi precedida por feijão-de-porco e tremoço-branco. Contudo, a severidade do dano causado pelo tebuthiuron, constatada pela expressiva redução da altura, da biomassa seca da parte aérea e da AF e o aumento da fitotoxicidade das plantas de soja, indicam a suscetibilidade dessas espécies à maior dose aplicada.

### CONCLUSÕES

Houve aumento da fitotoxicidade do tebuthiuron às plantas de soja com o aumento das doses utilizadas.

Na dose de 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de tebuthiuron as plantas de soja foram eliminadas.

Os adubos verdes apresentaram fitorremediação até a dose de 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de tebuthiuron, sendo que *C. ensiformis*, seguida de *L. albus* e *S. atterimum* apresentaram melhor fitorremediação.

### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa durante o curso de Doutorado do primeiro autor.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T.A.; KRUGER, E.L.; COATS, J.R. Enhanced degradation of a mixture of three herbicides in the rhizosphere of a herbicide-tolerant plant. **Chemosphere**, London, v.28, p.1551-1557, 1994.

APPROBATO FILHO, A.; GERARDI, L.E.; ANDRADE, T.L.C.; DAMACENO, A.C.; LEAVITT, J.R.C.; HIDALGO, E. Determinação da segurança de terbacil em culturas de rotação com cana-de-açúcar, após 3 a 4 aplicações anuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 17°, Piracicaba, 1988. **Resumos...**, SBHED, 1988, p.71-72.

ARTHUR, E.L.; PERKOVICH, B.S.; ANDERSON, T.A.; COATS, J.R. Degradation of an atrazine and metolachlor herbicide mixture in pesticide-contaminated soils from two agrochemical dealerships in Iowa. **Water, Air, and Soil Pollution**, Dordrecht, v.119, p.75-90, 2000.

BLANCO, J.G.; OLIVEIRA, D.A. Persistência de herbicidas em Latossolo Vermelho-Amarelo em cultura de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, p.681-687, 1987.

CHANG, S.S.; STRITZKE, J.F. Sorption, movement, and dissipation of tebuthiuron in soils. **Weed Science**, Champaign, v.25, p.184-187, 1977.

CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A.; SCHWAB, A.P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**, New York, v.56, p.55-114, 1996.

DAL PICCOLO, C.R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Efeito residual de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar sobre a *Crotalaria juncea* L. em rotação. **Saccharum**, São Paulo, v.8, p.34-38, 1985.

- DAL PICCOLO, C.R.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; COLETI, J.T. Estudo da persistência de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) sobre a cultura do feijão em rotação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16<sup>o</sup>, Campo Grande, 1986. **Resumos...**, SBHED, 1986, p.30-31.
- DORNELAS DE SOUZA, M.; BOEIRA, R.C.; GOMES, M.A.F.; FERRACINI, V.L.; MAIA, A.H.N. Adsorção e lixiviação de tebuthiuron em três tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.1053-1061, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- HESS, F.D.; WELLER, S.C. Mode of action in photosystem II. Photosynthesis inhibitors. In: **Herbicide action course**. Purdue University: Indiana, 2000. 942p.
- JOHNSEN, T.N.; MORTON, H.L. Long-term tebuthiuron content of grasses and shrubs on semiarid rangelands. **Journal of Range Management**, Denver, v.44, p.249-253, 1991.
- KRUGER, E.L.; ANHALT, J.C.; SORENSON, D.; NELSON, B.; CHOUHY, A.L.; ANDERSON, T.A.; COATS, J.R. Atrazine degradation in pesticide-contaminated soils: phytoremediation potential. In: KRUGER, E.L.; ANDERSON, T.A.; COATS, J.R. (eds.). **Phytoremediation of soil and water contaminants**. Washington: American Chemical Society, 1997. p.54-64. (ACS Symposium Series)
- LISTE, H.H.; ALEXANDER, M. Rapid screening of plants promoting phenanthrene degradation. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.28, p.1376-1377, 1999.
- MEYER, R.E.; BOVEY, R.W. Tebuthiuron formulation and placement effects on response of woody plants and soil residue. **Weed Science**, Champaign, v.36, p.373-378, 1988.
- NEGRISOLI, E.; COSTA, E.A.D.; VELINI, E.D.; CAVENAGHI, A.L.; TOFOLI, G.R. Deposition and leaching of tebuthiuron on sugar cane straw applied with and without alkyl polyglycoside adjuvant. **Journal Environmental Science and Health**, London, v.40, p.207-214, 2005.
- PERKOVICH, B.S.; ANDERSON, T.A.; KRUGER, E.L.; COATS, J.R. Enhanced mineralization of [<sup>14</sup>C] atrazine in *Kochia scoparia* rhizosferic soil from a pesticide-contaminated site. **Pesticide Science**, London, v.46, p.391-396, 1996.
- PESSOA, M.C.Y.; CHAIM, A.; GOMES, M.A.F.; SILVA, A.S.; SOARES, J.M. Simulação de aldicarb e tebuthiuron movimento em solos sob cultivos de banana e cana-de-açúcar no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, p.297-302, 2003.
- PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; QUEIROZ, M.E.L.R.; PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; SANTOS, E.A.; CECON, P.R. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de tebuthiuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, p.451-458, 2003.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4 ed. Londrina, PR. 1998. 648 p.
- ROGERS, H.B.; BEYROUTY, C.A.; NICHOLS, T.D.; WOLF, D.C.; REYNOLDS, C.M. Selection of cold-tolerant plants for growth in soils contaminated with organics. **Journal of Soil Contamination**, London, v.5, p.171-186, 1996.
- STEINERT; W.G.; STRITZKE, J.F. Uptake and phytotoxicity of tebuthiuron. **Weed Science**, Champaign, v.25, p.390-395, 1977.
- VOSE, J.M.; SWANK, W.T.; HARVEY, G.J.; CLINTON, B.D.; SOBEK, C. Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus detoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. **International Journal of Phytoremediation**, London, v.2, p.53-73, 2000.