

## Movimento do Herbicida Tebutiurum no Perfil de Três Tipos de Solo Através de Colunas de Lixiviação

Rita Carla Boeira<sup>1</sup>  
Manoel Dornelas de Souza<sup>2</sup>

Diversas técnicas podem ser utilizadas para a avaliação da lixiviação de pesticidas em solos agrícolas, utilizando-se dados obtidos em ensaios de campo ou em laboratório.

A cinética de sorção de pesticidas em solos é estudada, em geral, em condições de equilíbrio (*batch*) as quais não são representativas da lixiviação de pesticidas em solos. Por outro lado, a utilização de colunas de solo para a avaliação do comportamento sortivo de pesticidas em condições de não-equilíbrio é uma técnica bastante útil e informativa. Estudos de transporte de pesticidas em colunas de solo possibilitam a obtenção de dados em laboratório com grande aplicabilidade em campo, uma vez que as colunas são preenchidas com as camadas de solo o mais próximo possível da condição original em campo (densidade e umidade semelhantes), propiciando a lixiviação de pesticidas a partir da aplicação de quantidades de água semelhantes às aquelas decorrentes de chuvas naturais.

Neste trabalho, avaliou-se o risco potencial de lixiviação de tebutiurum em três solos tropicais, utilizando-se colunas de PVC preenchidas com solo. Utilizaram-se Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Latossolo Vermelho distrófico (LVdf) e Neossolo Quartzarênico (RQ), coletados de 10 em

10 cm até 80 cm de profundidade no perfil. As amostras de terra fina seca ao ar, passadas em peneira de 2 mm, foram acondicionadas nas colunas na mesma seqüência de camadas encontradas a campo, e em densidades semelhantes às encontradas no campo (densidade média do solo de 1,27 g cm<sup>-3</sup> para o LVd, 1,24 g cm<sup>-3</sup> para o LVdf e 1,56 g cm<sup>-3</sup> para RQ). Na Tabela 1 são apresentados resultados das análises físico-químicas das amostras de solo.

**Tabela 1.** Propriedades dos solos utilizados nas colunas de lixiviação. (K<sub>sat</sub> = condutividade hidráulica do solo saturado; LVdf = Latossolo Vermelho distrófico; LVd = Latossolo Vermelho distrófico; RQ = Neossolo Quartzarênico)

Solo	Profundidade — cm —	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Carbono orgânico	Argila	K <sub>sat</sub> cm h <sup>-1</sup>
LVdf	0-10	5,4	4,8	18,1	620	1,53
	10-20	5,9	5,4	17,0	620	
LVd	0-10	5,7	5,1	11,7	380	1,33
	10-20	5,9	5,3	10,1	380	
RQ	0-10	7,3	6,2	2,8	80	2,67
	10-20	7,3	6,4	2,1	80	

Os testes de lixiviação foram executados em colunas de PVC com 15 cm de diâmetro por 80 cm de altura (Fig.1), utilizando-se uma coluna para cada solo.

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente, Rod.SP 340 - Km 127,5 - Cep 13820-000, Jaguariúna, SP. [rcboeira@cnpma.embrapa.br](mailto:rcboeira@cnpma.embrapa.br)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente, Rod.340 - Km 127,5 - Cep 13820-000, Jaguariúna, SP. [dornelas@cnpma.embrapa.br](mailto:dornelas@cnpma.embrapa.br)

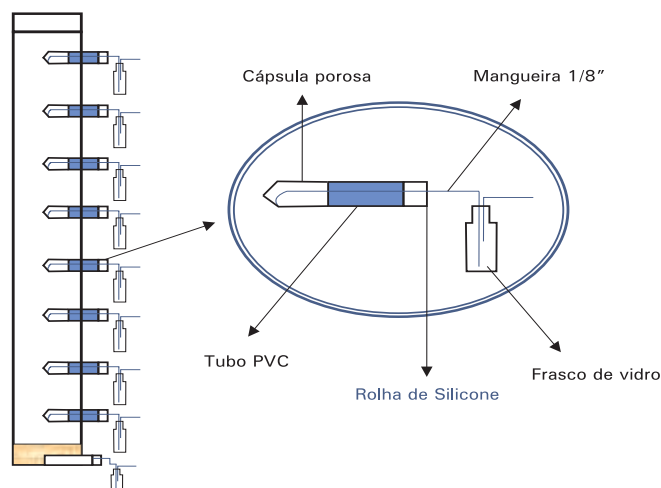


Fig.1. Esquema da coluna utilizada no presente estudo de lixiviação de pesticidas.

Após o acondicionamento dos solos nas colunas, e a cada dez centímetros de profundidade das mesmas, foi colocado um extrator de solução do solo, composto por uma cápsula de cerâmica porosa de 12,52 mm ( $\frac{1}{2}$ ”) colada em um cano de PVC de 12,52 mm ( $\frac{1}{2}$ ”) com 20 cm de comprimento. O cano foi tampado com rolha de silicone e fez-se um furo de 3,17 mm ( $\frac{1}{8}$ ”) no seu centro, pelo qual introduziu-se um capilar até o fundo da cápsula. A outra extremidade do capilar foi introduzida numa segunda rolha, a qual continha dois furos e foi fixada na abertura de um frasco de coleta (vidro âmbar de 200 ml). No outro furo dessa rolha foi colocada uma mangueira de silicone de 3,17 mm com 20 cm de comprimento, pela qual efetuou-se vácuo no frasco de coleta com auxílio de bomba elétrica, a uma pressão de sucção de 69 kPa. O solo nas colunas foi previamente saturado com carga hidráulica e fluxo ascendente. Após a saturação, mediu-se a condutividade hidráulica do solo saturado pelo método de Klute (1965). A seguir, deixou-se o excesso de água drenar por ação gravitacional durante três dias (definição teórica para se atingir a capacidade de campo), e então colocou-se no topo de cada coluna 1.000 ml de solução de tebutiurum (1-(5-tert-butil-1,3,4-tiadiazol-2-yl)-1,3-dimetilurea), contendo 10,36 mg L<sup>-1</sup> de ingrediente ativo, quantidade equivalente a 2,3 vezes a dosagem usada em campo (2,5 kg ha<sup>-1</sup>). O volume de solução utilizado correspondeu a uma lâmina de água de 57 mm. Com base nos valores obtidos para a condutividade hidráulica dos solos saturados, calculou-se o tempo para que a solução atingisse a base de cada coluna. Decorrido esse tempo, foi ligada a bomba de vácuo durante um minuto, iniciando-se a sucção e coleta da solução do solo nos frascos coletores. Após a sucção, o sistema foi fechado com uma pinça e permaneceu sob vácuo por 24 horas, período total em que foi coletada a solução lixiviada a partir das diferentes camadas de solo. Após as extrações, as soluções lixiviadas foram filtradas. No filtrado, foi determinada a concentração de tebutiurum, utilizando-se um cromatógrafo lí-

quido marca Shimadzu modelo LC-10 AD com detector ultravioleta SPD-10AV a 254 nm. A coluna utilizada foi C18 Bondesil (4,6 mm x 25 cm x 5 µm), fluxo de 0,8 mL min<sup>-1</sup>, fase móvel MeOH:H<sub>2</sub>O (63:37; v/v), e volume de injeção de 20 µL.

Nos três solos, RQ, LVdf e LVd, a solução atingiu a base das colunas 30, 52 e 60 horas, respectivamente, após a aplicação da solução contendo tebutiurum, momento em que foram iniciadas as coletas de solução nos frascos coletores, mantendo-se as mesmas durante 24 horas. Os resultados obtidos no experimento com colunas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Massa de tebutiurum determinada em solução de solo coletada de colunas de lixiviação, em oito profundidades, utilizando-se três solos. (LVdf = Latossolo Vermelho distroférrico; LVd = Latossolo Vermelho distrófico; RQ = Neossolo Quartzarênico)

Prof. (cm)	Solo		
	RQ	LVdf	LVd
		µg	
10	153,42	2,40	83,16
20	590,00	ND	24,00
30	169,80	ND	ND
40	126,00	ND	ND
50	NC	ND	ND
60	17,10	ND	ND
70	ND	ND	ND
80	ND	ND	ND
TOTAL	1.056,32	2,40	107,16

ND- não detectado. NC- não coletado.

Considerando-se a recuperação do produto nas primeiras duas camadas (0-10 cm e 10-20 cm) (Tabela 2), observa-se que houve adsorção mais intensa no solo LVdf, que apresenta elevados teores de matéria orgânica e de argila, com retenção aparente de todo o produto aplicado na camada superficial (0-10 cm). O solo LVd, mais argiloso mas com menos matéria orgânica que o solo LVdf, adsorveu com menor intensidade o tebutiurum, sem que tenha ocorrido retenção completa do mesmo na camada superficial, já que o produto foi encontrado na solução do solo coletada da camada 10-20 cm de profundidade. O solo RQ, muito arenoso e com pouca matéria orgânica, evidenciou menor capacidade de adsorção de tebutiurum do que os Latossolos, não apenas nas duas camadas superiores, mas também a maiores profundidades.

A recuperação do produto na solução foi de 10,2 % do total aplicado nos primeiros 60 cm de profundidade da coluna com o solo RQ, mostrando que 89,8 % do total aplicado ficou retido na coluna. No solo LVdf houve uma recuperação de apenas 0,023 %, ficando praticamente todo o produto retido nos primeiros 10 cm de solo da coluna. No solo LVd, 98,96 % do produto aplicado ficou retido nos primeiros 20 cm de solo da coluna.

Assim, verifica-se que no solo RQ houve transporte de tebutiurum até 60 cm de profundidade (Tabela 2); no LVd até 20 cm, e no solo LVdf até 10 cm de profundidade. A lixiviação profunda de tebutiurum (150 cm) foi também observada em solos arenosos por Stone et al. (1993), 66 dias após a aplicação.

Observa-se que no solo LVdf, que apresentou elevados teores de carbono orgânico (Tabela 1), não houve lixiviação no perfil além da camada de 0-10 cm de profundidade (Tabela 2). No solo RQ, os teores baixos de matéria orgânica, que implicam em menor adsorção, contribuíram para a lixiviação mais profunda do produto no solo.

Estes resultados, obtidos utilizando-se colunas grandes de solo, indicam o mesmo comportamento sortivo que o obtido por Dornelas de Souza et al. (2001) num estudo em condições de equilíbrio para os mesmos solos - *batch technique* –Tabela 3, onde a adsorção prevista pela constante de Freundlich ocorreu segundo a seguinte ordem: LVdf > LVd > RQ, nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade.

**Tabela 3.** Estimativa da constante de adsorção de Freundlich ( $K_f$ ) em três solos e em duas profundidades. (LVdf= Latossolo Vermelho distroférrico; LVd= Latossolo Vermelho distrófico; RQ= Neossolo Quartzarênico)

Constante de Freundlich ( $\text{mg.kg}^{-1}/(\text{mg.L}^{-1})^N$ )					
RQ		LVdf		LVd	
0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
cm					
0,723	0,786	2,502	2,573	1,584	1,610

Fonte: Dornelas de Souza et al. (2001).

Nessa metodologia (*batch*), amostras de solo são misturadas a soluções com concentrações crescentes do produto, e após agitação durante 24 horas, assume-se que haja equilíbrio entre as concentrações do produto adsorvido com o produto em solução. A diferença entre a concentração inicial do produto em solução e sua concentração final na solução de equilíbrio é atribuída à adsorção na amostra de solo.

A utilização de colunas de solo é vantajosa, pois representa a lixiviação de pesticidas em condições mais próximas às condições naturais de campo do que a metodologia de avaliação de pequenas amostras de solo em soluções equilibradas, comumente empregada. Assim, as colunas de solo também representam melhor as condições correntes em campo, uma vez que não é necessária a agitação intensa da mistura solo:solução, nem são necessárias as elevadas relações solução:solo empregadas na metodologia do equilíbrio 24-horas em laboratório, como nos experimentos em equilíbrio (*batch*). Tais condições não são realistas, pois o solo,

em geral, não se encontra na forma de uma suspensão diluída, e também não ocorre agitação durante a lixiviação de pesticidas no perfil. Portanto, dados oriundos apenas de experimentos com essa metodologia não são adequados, por exemplo, à modelagem do transporte de solutos no solo. Além disso, os processos de adsorção nas colunas ocorrem relacionando-se estreitamente à condutividade hidráulica do solo, que é distinta entre os solos e/ou entre as camadas de solo, possibilitando maior semelhança com os processos que ocorrem em condições de campo. Cabe salientar, em especial, que o tempo para que as soluções com o herbicida atingissem a base das colunas diferiram em até 30 horas, conforme o tipo de solo. Tal comportamento possibilitou maior tempo de reação do produto nos Latossolos (52-60 horas) em relação ao solo RQ. Esta propriedade dos solos (condutividade hidráulica) é totalmente desconsiderada quando o estudo é feito em condições de equilíbrio (*batch*), onde o tempo de agitação é o mesmo, independentemente do tipo de solo. Assim, a utilização de colunas de solo permite avaliações mais realistas em relação às condições naturais de campo, e adequadas à modelagem da lixiviação de pesticidas em perfis de solos, uma vez que, em condições de fluxo de solução de solo no perfil, grande parte dos sítios de adsorção não estão acessíveis aos pesticidas. No entanto, o comportamento sortivo pode ser melhor entendido dispondo-se de dados obtidos com a utilização de ambas as metodologias, a serem utilizados conjuntamente em estudos de simulações de risco ambiental.

Verifica-se, assim, que o uso das colunas de solo aliado às extrações de solução de solo evidenciaram diferentes riscos no potencial de lixiviação de tebutiurum entre os solos estudados, bem como diferentes capacidades sortivas dos solos e profundidades avaliados. Conjugada a esta avaliação do risco potencial imediato da lixiviação de pesticidas no solo, as colunas de solos possibilitam também estudos da lixiviação dos mesmos ao longo do tempo, bem como avaliações de sua biodegradação e/ou volatilização.

## Referências

DORNELAS DE SOUZA, M.; BOEIRA, R.C.; GOMES, M.A.F.; FERRACINI, V.L.; MAIA, A.H.N. Adsorção e lixiviação de tebutiuron em três tipos de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.1053-1061, 2001.

KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.210-221.

STONE, D.M.; HARRIS, A.R.; KOSKINEN, W.C. Leaching of soil-active herbicides in acid, low base saturated sands: worst-case conditions. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.12, p.399-404, 1993.

### Comunicado Técnico, 25

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio Ambiente**

Endereço: Rodovia SP-340 - Km 127,5

Tanquinho Velho - Caixa Postal 69

Cep.13820-000 - Jaguariúna, SP

Fone: (19) 3867-8700

Fax: (19) 3867-8740

E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

1ª edição

### Comitê de editoração

Presidente: *Ladislau Araújo Skorupa*

Secretário-Executivo: *Sandro Freitas Nunes*

Membros: *Heloisa Ferreira Filizola; Manoel Dornelas de Souza; Cláudio César de Almeida Buschinelli; Maria Conceição Peres Young Pessoa; Osvaldo Machado R. Cabral; Marta Camargo de Assis*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo*

Editoração Eletrônica: *Silvana Cristina Teixeira*