

POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DE HERBICIDAS EM SOLOS AGRÍCOLAS NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA (MG)

ANDRÉ SANTANA ANDRADE*
MARCELO RODRIGUES DOS REIS**
LUIS CÉSAR DIAS DRUMOND***
SAMUEL PETRACONE CAIXETA****
CLÁUDIO PAGGOTO RONCHI*****

Objetivou-se neste trabalho estimar o potencial de lixiviação dos herbicidas utilizados nas áreas de agricultura intensiva da região do Alto Paranaíba (MG). Utilizou-se o Fator de Atenuação (AF) para estimar as frações perdidas por lixiviação nos primeiros 80 cm do perfil de solo. As avaliações foram realizadas com base nas propriedades físico-químicas dos ingredientes ativos obtidas de várias fontes de dados, combinadas com os atributos de Latossolo Vermelho distroférico. As amostras de solo, coletadas em três pontos representativos no município de Rio Paranaíba (MG), foram submetidas às determinações de teor de carbono orgânico, densidade do solo e capacidade de campo. Utilizou-se o *software* ARAQUÁ como ferramenta auxiliar nos cálculos. Os herbicidas diurom, linurom, alacloro, trifluralina, fluazifope-p-butilico, paraquate, glifosato, lactofem e oxifluorfem apresentaram, no solo estudado, mobilidade muito baixa. Evidenciaram maior potencial de lixiviação, na seguinte ordem, os produtos: imazetapir, fomesafem, metribuzim, nicossulfurom, atrazina, ametrina, clorimurom-etílico e bentazona. Essas moléculas apresentam risco de contaminação de águas subterrâneas e devem ser consideradas em etapas posteriores de avaliação de impacto ao ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: ÁGUA SUBTERRÂNEA; FATOR DE ATENUAÇÃO; HERBICIDAS - MOBILIDADE.

-
- * Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ciência Animal e Pastagens, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ / USP), Piracicaba, SP (e-mail: andreufvcrp@hotmail.com).
** Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, (UFV), Rio Paranaíba, MG (e-mail: reisagro@yahoo.com.br).
*** Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, UFV/CRP, Rio Paranaíba, MG (e-mail: irriga@ufv.br).
**** Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Recursos Hídricos e Ambientais, UFV, Viçosa, MG (e-mail: samuelpetraccone@hotmail.com).
***** Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal, Instituto de Ciências Agrárias, UFV/CRP, Rio Paranaíba, MG (e-mail: claudiopagotto@ufv.br).

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da agricultura em extensas áreas brasileiras tem proporcionado grandes produções agrícolas. Entretanto, existe estreita relação entre a produção e o uso de agrotóxicos (SPADOTTO *et al.*, 2004). No ano de 2009, 725 mil toneladas de agrotóxicos foram comercializadas no Brasil e os herbicidas representaram 59% desse total, correspondendo a 430 mil toneladas aproximadamente (SINDAG, 2011).

O município de Rio Paranaíba (MG) está inserido no Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP), iniciado em 1973, que abrangeu área de 60 mil hectares e permitiu a implantação de sistemas de cultivo intensivo no Cerrado Mineiro (SILVA, 2000). Esse município alcançou destaque no cenário agrícola regional em relação às culturas de café, milho, soja, trigo, feijão, cenoura, batata, alho e cebola, sendo, portanto, grande consumidor de agrotóxicos.

Estudos relacionados aos impactos ambientais dos agrotóxicos em áreas com agricultura intensiva assumem fundamental importância, considerando que o uso frequente, e muitas vezes incorreto, dessas substâncias pode oferecer ameaça de contaminação das águas superficiais e subterrâneas (SPADOTTO *et al.*, 2010).

Na implantação de estudos ambientais, vários aspectos devem ser considerados, tornando-os bastante complexos. Segundo SPADOTTO *et al.* (2004), avaliações de impactos ambientais a campo são muito complexas, caras e, por vezes, não podem ser levadas a efeito na sua plenitude por problemas operacionais. Desta forma, é conveniente que métodos preliminares de avaliação auxiliem antecipadamente e/ou, simultaneamente, avaliações a campo e em simulações experimentais.

Vários métodos preliminares de avaliação de risco de contaminação ambiental por agrotóxicos são citados na literatura (LOURENCETTI *et al.*, 2005), sendo que a escolha do método a ser utilizado depende dos objetivos de cada pesquisa e da disponibilidade de informações. Como exemplo, tem-se o Fator de Atenuação (AF) que por meio de propriedades físico-químicas intrínsecas das moléculas dos agrotóxicos, atributos do solo e características climáticas permite estimar a fração da quantidade do produto aplicado na superfície do solo que seria lixiviada através de determinada profundidade. Segundo Inoue *et al.* (2003), o processo de lixiviação refere-se ao movimento descendente dos herbicidas na matriz do solo ou com a água do solo, sendo sua intensidade dependente das características físico-químicas do produto, do solo e do clima. Tal estimativa assume maior importância em áreas mais planas e em solos bem drenados, cuja probabilidade de transporte de agrotóxicos por lixiviação é maior do que por escoamento superficial, a exemplo das áreas com agricultura intensiva no município de Rio Paranaíba, especialmente em Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Esses predominam na região, sendo caracterizados por solos planos a levemente ondulados e acentuadamente drenados (MOTTA, BARUQUI e SANTOS, 2004).

Objetivou-se neste trabalho estimar a fração lixiviada de cada herbicida utilizado nas áreas agrícolas do município de Rio Paranaíba na região do Alto Paranaíba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PROPRIEDADES DOS HERBICIDAS E DO SOLO

As informações referentes aos herbicidas mais utilizados nas áreas de agricultura intensiva de Rio Paranaíba, bem como os dados do volume médio anual de irrigação foram obtidos mediante aplicação de questionários semiestruturados em revendas agrícolas e cooperativas, respectivamente. O teor de carbono orgânico do solo foi estimado de acordo com o método Walkley-

Black e a densidade do solo pelo método do tubo de cloreto de polivinil (PVC), proposto por Oliveira, Ramos e Aquino (2010). Determinou-se a capacidade de campo pelo método de campo e pela curva de retenção de água no solo, obtida em laboratório. Os atributos médios do solo foram avaliados em três amostras compostas, coletadas em pontos representativos da área agrícola de Rio Paranaíba (19° 12' 29" Sul e 46° 07' 57" Oeste). Em cada ponto coletaram-se solos nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade.

2.2 CÁLCULO DO POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO

Para estimar as perdas por lixiviação de cada herbicida utilizou-se o *software* ARAquá (EMBRAPA, 2010), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária para auxiliar nas etapas iniciais de avaliações de risco de contaminação ambiental por agrotóxicos. Esse *software* calcula o fator de atenuação (*AF*), que representa a estimativa da fração do ingrediente ativo considerada lixiviada em determinada camada de solo. Segundo Spadotto *et al.* (2010), no *software* ARAquá, o cálculo matemático da lixiviação do agrotóxico no solo tem como base o conjunto de equações apresentadas por Rao, Davidson e Hammond (1976) e Rao, Hornsby e Jessup (1985), sendo utilizada a forma generalizada para solos com várias camadas (ou horizontes). O conjunto de equações pode ser sintetizado pela equação 1:

$$AF = \exp \left[\frac{-0,693 \times L \times (1 + \frac{Ds \times CO \times K_{oc}}{CC}) \times CC}{q \times DT_{50}} \right] \quad (1)$$

Em que:

AF = fator de atenuação (fração);

L = profundidade considerada (cm);

Ds = densidade do solo (g cm⁻³);

CO = teor de carbono orgânico do solo (v v⁻¹);

K_{oc} = coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo do ingrediente ativo (cm³ g⁻¹);

CC = capacidade de campo do solo (v v⁻¹);

q = taxa de recarga hídrica (mm);

DT₅₀ = tempo de meia-vida do ingrediente ativo (dias).

Na busca por resultados mais confiáveis, e para efeito de comparações, foram realizadas simulações com as propriedades físico-químicas dos ingredientes ativos oriundos de várias fontes de dados. A base de dados europeia FOOTPRINT (2010) foi considerada padrão e comparada com informações obtidas em outras fontes (DORES e DE-LAMONICA-FREIRE, 2001; EMBRAPA 2010; EXTTOXNET, 2010; LOURENCETTI *et al.*, 2005; PAULA, 2007), conforme apresentado na Tabela 1.

As propriedades físico-químicas dos ingredientes ativos foram combinadas com os atributos do solo de área agrícola de Rio Paranaíba (Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa) e volume de irrigação anual médio de 370 mm com atributos de Latossolo argiloso hipotético (Tabela 2).

Segundo Gomes e Spadotto (2004), os valores do Latossolo argiloso hipotético, dentro dos intervalos de comum ocorrência no Brasil, são todos favoráveis à contaminação, com volume de irrigação anual superestimado de 450 mm, caracterizando situação extremamente conservadora. O objetivo dessa combinação conservadora é identificar ingredientes ativos que, seguramente, não oferecem o menor risco de contaminação.

TABELA 1 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS INGREDIENTES ATIVOS HERBICIDAS UTILIZADOS NAS ÁREAS AGRÍCOLAS INTENSIVAS DE RIO PARANAÍBA

Ingrediente ativo	Fonte de dados				
	FOOTPRINT		Outras fontes		
	K _{oc} ¹	DT ₅₀ ²	K _{oc}	DT ₅₀	Fonte
2,4-D	56	10	20	10	1
alacoloro	124	14	150	15	1
ametrina	316	37	300	187	2 e 5
atrazina	100	75	100	19	2 e 5
bentazona	51	13	34	20	2
clorimurom-etílico	106	40	110	52,5	3
paraquate	100000	365	-	-	-
diurom	1067	75,5	480	90	2
fluazifope-p-butílico	5836	28	5700	15	1
fomesafem	50	86	60	180	3
glifosato	21699	12	24000	47	2
imazetapir	52	90	10	90	3
lactofem	10000	4	10000	3	3
linurom	620	48	400	60	4
metamitrona	80,7	30	-	-	-
metribuzim	38	11,5	60	60	3
nicossulfurom	21	26	28,8	26	4
oxifluorfem	12233	35	100000	40	4
trifluralina	8765	181	8000	60	2

^{1/} K_{oc} = Coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo; ^{2/} DT₅₀ = Tempo de meia-vida do ingrediente ativo no solo.

Fontes: (1) Dados compilados por Lourencetti *et al.* (2005); (2) EMBRAPA, 2010; (3) Dados compilados por Dorez e De-Lamonica-Freire (2001); (4) EXTOWNET, 2010; (5) Paula (2007).

TABELA 2 – ATRIBUTOS DE LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO, TEXTURA ARGILOSA DE RIO PARANAÍBA E DE LATOSSOLO ARGILOSO HIPOTÉTICO COM TODOS OS SEUS ATRIBUTOS FAVORÁVEIS À LIXIVIAÇÃO DE HERBICIDAS

Camada	CC ¹ (v v-1)	DS ² (g cm ⁻³)	CO ³ (dag kg ⁻¹)
Latossolo Vermelho de Rio Paranaíba (MG)			
0-20 cm	0,30	1,24	2,35
20-40 cm	0,27	1,29	1,64
40-60 cm	0,29	1,20	1,20
60-80 cm	0,29	1,08	1,03
Latossolo Argiloso - Situação conservadora			
0-12 cm	0,25	1,10	1,50
12-25 cm	0,25	1,20	1,50
25-40 cm	0,23	1,20	1,00
40-80 cm	0,22	1,10	1,00

^{1/} CC = Capacidade de Campo; ^{2/} DS = Densidade do Solo; ^{3/} CO = Teor de Carbono Orgânico do solo.

Calculou-se a taxa de recarga hídrica pelo *software* ARAquá (SPADOTTO *et al.*, 2010) com base na diferença entre a precipitação média anual (1512,3 mm), o volume de irrigação anual (média de 370 mm e 450 mm para situação conservadora) e a evapotranspiração de referência média anual (1104,4 mm) no município de Rio Paranaíba.

Todos os dados dos produtos foram inseridos no *software* ARAquá (SPADOTTO *et al.*, 2010), sendo as simulações realizadas para cada ingrediente ativo. Os resultados foram obtidos pelo relatório do *software* no campo “Perda total do Agrotóxico por lixiviação até o topo do aquífero a 80 cm de profundidade...”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as avaliações baseadas nos atributos do Latossolo de Rio Paranaíba, a ordem dos herbicidas que apresentaram maior potencial de lixiviação foi: imazetapir > fomesafem > metribuzim > nicossulfurom > atrazina > ametrina, com estimativas de perdas por lixiviação nos primeiros 80 cm de solo de 25,1; 12,7; 0,21; 0,10, 0,051 e 0,024%, respectivamente (Tabela 3). Considerando a pior situação, ou seja, o máximo valor obtido entre todas as combinações, a ordem dos herbicidas que apresentaram maior potencial de lixiviação foi imazetapir > fomesafem > metribuzim > nicossulfurom > atrazina > ametrina > clorimuirom-etílico > bentazona, com estimativas de perdas por lixiviação nos primeiros 80 cm de solo de 38,7; 26,5; 1,86; 1,02; 0,797; 0,535; 0,056 e 0,035%, respectivamente.

TABELA 3 – ESTIMATIVA DA FRAÇÃO PERDIDA POR LIXIVIAÇÃO NOS PRIMEIROS 80 cm DE SOLO DOS HERBICIDAS UTILIZADOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS INTENSIVAS DE RIO PARANAÍBA

Ingrediente ativo	Fonte de dados dos ingredientes ativos				Máximo (em %) em solo de RP³	Máximo (em %) de todas as comb.⁴
	FOOTPRINT (2011)		Outras fontes de dados			
	Latossolo – RP¹	Latossolo – SC²	Latossolo – RP	Latossolo – SC		
2,4-D	5,50E-16	1,40E-10	2,81E-08	9,07E-06	0,00	0,00
alacoloro	5,00E-22	2,93E-14	2,55E-24	1,13E-15	0,00	0,00
ametrina	6,73E-20	8,76E-13	2,45E-04	5,35E-03	0,02	0,53
atrazina	5,12E-04	7,97E-03	1,02E-13	5,22E-09	0,05	0,79
bentazona	1,22E-11	8,58E-08	5,32E-06	3,49E-04	0,00	0,03
clorimuirom	3,22E-07	7,33E-05	7,78E-06	5,60E-04	0,00	0,05
paraquate	0,00E+00	0,00E+00	-	-	0,00	0,00
diurom	2,01E-31	6,22E-20	1,64E-12	4,05E-08	0,00	0,00
fluazifop	0,00E+00	3,32E-280	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
fomesafem	2,37E-02	8,86E-02	1,27E-01	2,65E-01	12,70	26,50
glifosato	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
imazetapir	2,51E-02	9,21E-02	2,51E-01	3,87E-01	25,10	38,70
lactofem	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
linurom	4,56E-29	1,73E-18	1,51E-15	4,93E-10	0,00	0,00
metamitrona	1,41E-07	4,11E-05	-	-	0,00	0,00
metribuzim	1,21E-10	3,33E-07	2,06E-03	1,86E-02	0,20	1,86
nicossulfurom	1,03E-03	1,02E-02	2,35E-04	4,06E-03	0,10	1,02
oxifluorfen	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
trifluralina	1,32E-104	1,36E-65	8,58E-287	2,30E-179	0,00	0,00

^{1/} Dados oriundos do Latossolo de Rio Paranaíba; ^{2/} Dados oriundos de Latossolo hipotético em situação conservadora; ^{3/} Valor máximo dos resultados obtidos em solo de Rio Paranaíba considerando as diferentes fontes de dados; ^{4/} Valor máximo dos resultados obtidos considerando todas as situações.

Paula (2007) estudou a mobilidade e dissipação de atrazina e ametrina em colunas de 90 cm com Latossolo Vermelho Amarelo e observou que atrazina foi detectada em maiores concentrações na água percolada do que ametrina nas análises até o 50º dia após a aplicação (DAA). A partir de então, os herbicidas não foram mais detectados. No entanto, ametrina foi detectada em 1,55% da concentração aplicada na superfície aos 90 DDA. O autor destacou que essa última detecção de ametrina ocorreu devido ao seu acúmulo nas camadas superiores, uma vez que identificou alta persistência do produto no solo estudado, indicando que o herbicida apresenta potencial de contaminação de águas subterrâneas.

Pasqualetto *et al.* (1999) avaliaram a lixiviação de imazetapir em colunas com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de 50 cm de altura em bioensaios com sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Verificaram que seu crescimento em areia contendo solução percolada da coluna foi fortemente afetado, indicando considerável lixiviação de imazetapir ao longo da coluna.

Em monitoramento de nove agrotóxicos em águas subterrâneas coletadas em poços de 21 locais em sete diferentes regiões produtoras de arroz nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), SILVA *et al.* (2011) detectaram o herbicida imazetapir em todas as regiões estudadas. A maior concentração média do herbicida, 57 ng L⁻¹, foi detectada na região de Fronteira Oeste (RS). O imazetapir, segundo agrotóxico detectado em maior número de amostras, ficou atrás apenas do inseticida fipronil. A detecção do imazetapir em todas as regiões foi atribuída às suas características físico-químicas favoráveis à contaminação como, baixo K_{oc}, alta solubilidade em água e baixa degradação microbiana em condições anaeróbicas, bem como sua vasta utilização em muitas áreas agrícolas.

Weber, Streck e Sartori (1993) avaliaram a mobilidade de fomesafen e atrazina em colunas com vários tipos de solo e verificaram que, geralmente, o fomesafen mostrou-se menos móvel que atrazina em condições de fluxo não saturado e mais móvel em condições de fluxo saturado.

Lourencetti *et al.* (2005) compararam vários métodos de previsão de lixiviação dos herbicidas 2,4-D, alacloro, atrazina, fluazifope-p-butílico, metribuzim e trifluralina em Latossolo Vermelho distrófico. Observaram que pelo modelo mais complexo, *Temperature Leaching Potential Index* (TLPI), os potenciais de lixiviação de atrazina e metribuzim foram classificados como baixos e os dos demais, como muito baixos.

Segundo Spadotto *et al.* (2010), as etapas iniciais de estudos de avaliação de risco de contaminação ambiental por agrotóxicos caracterizam-se por serem conservadoras e não muito próximas da realidade devido adoção de grande margem de segurança. Todavia, nas etapas mais avançadas da avaliação, procedimentos menos conservadores e mais próximos da realidade são incorporados, demandando cálculos mais apurados e maior número de dados de entrada.

Os ingredientes ativos que apresentaram mobilidade potencial muito baixa neste trabalho foram, em ordem decrescente, diurom, linurom, alacloro, trifluralina, fluazifope-p-butílico, paraquate, glifosato, lactofem e oxifluorfen. Matallo *et al.* (2003) avaliaram a lixiviação de diurom em colunas com Latossolo Vermelho distrófico psamítico, o qual foi detectado na água percolada em 50 cm de solo em concentrações muito baixas e por vezes nem foi detectado. Já em Neossolo Quartzarenico, os autores verificaram maior lixiviação e atribuíram a capacidade de retenção do herbicida à matéria orgânica dos solos.

Em monitoramento do herbicida trifluralina em águas superficiais e subterrâneas na região de Guaíra (SP), Filizola *et al.* (2002) não detectaram esse herbicida nas análises realizadas. Consideraram as características físicas do solo (grande profundidade, textura argilosa e grande capacidade de armazenamento de água) como os responsáveis pela não detecção do herbicida. Cassamassimo (2005) avaliaram a mobilidade de glifosato e oxifluorfen em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico psamítico e não detectaram a presença desses herbicidas na solução do solo em lisímetros ativados por gravidade após percolação em 15 cm de solo.

Considerando as quatro combinações solo-ambiente-herbicida avaliadas neste trabalho

(1 - Solo de Rio Paranaíba x dados da base FOOTPRINT, 2 - Solo com todos os atributos favoráveis à lixiviação x dados da base FOOTPRINT, 3 - Solo de Rio Paranaíba x outras fontes de dados e 4 - Solo com todos os atributos favoráveis à lixiviação x outra fonte de dados), as variações nos resultados devidas às fontes de dados foram superiores às aquelas referentes às diferenças nos atributos do solo. Desta forma, destaca-se a importância de levantar dados confiáveis na literatura na ocasião de avaliações de riscos de contaminação ambiental por agrotóxicos. O ideal seria buscar, quando disponíveis, informações obtidas em condições semelhantes às do ambiente em estudo. Em caso contrário, é conveniente utilizar mais de uma fonte e considerar os resultados mais conservadores, guardando grande margem de segurança até que estudos pormenorizados venham a permitir avaliações com menores margens e mais próximas da realidade.

O presente trabalho tem significado regional, uma vez que a maioria dos solos das áreas agrícolas da região do Alto Paranaíba são Latossolos (MOTA, BARUQUI e SANTOS, 2004) e os resultados foram interpretados frente a variações dos atributos dos Latossolos argilosos.

4 CONCLUSÃO

Nas condições estudadas, os ingredientes ativos com maior potencial de lixiviação e que devem ser considerados em etapas posteriores de avaliação de riscos ambientais devido, sobretudo, à mobilidade foram: imazetapir > fomesafem > metribuzim > nicossulfurom > atrazina > ametrina > clorimurom-etílico > bentazona, com estimativas de perdas por lixiviação nos primeiros 80 cm de solo de 38,7; 26,5; 1,86; 1,02; 0,797; 0,535; 0,056 e 0,035%, respectivamente. Ressalta-se que atenção especial deve ser dada aos herbicidas imazetapir e fomesafem, pois suas características físico-químicas são altamente favoráveis à lixiviação nas condições estudadas.

Os herbicidas diurom, linurom, alacloro, trifluralina, fluazifope-p-butilico, paraquate, glifosato, lactofem e oxifluorfem apresentaram mobilidade potencial muito baixa no solo estudado, não evidenciando risco de contaminação de águas subterrâneas.

ABSTRACT

LEACHING POTENTIAL OF HERBICIDES IN AGRICULTURAL SOILS AT THE ALTO PARANAÍBA REGION (MG - BRAZIL)

The objective of this work was to estimate the leaching potential of herbicides used in the intensive agricultural areas of Alto Paranaíba region (MG – Brazil). The attenuation factor (AF) was used to estimate the lost fractions of leaching on the first 80 cm of the soil profile. Evaluations were based on the physicochemical properties of active ingredients obtained from several data sources combined to red dystroferic latosol attributes. Soil samples were collected on three representative points of Rio Paranaíba region, to determine the organic carbon content, bulk density and field capacity. The ARAQUÁ software was used as a supplementary tool in the calculation. The herbicides with very low mobility were alachlor, diuron, glyphosate, linuron, trifluralin, fluazifop-p-buthyl, paraquat, lactofen and oxyfluorfen. Herbicides with higher leaching potential were, in following order: imazethapyr, fomesafen, metribuzin, nicosulfuron, atrazine, ametryn, clorimurom-ethyl and bentazon. These molecules present risk of groundwater contamination and must be considered in subsequent stages of environmental impact assessment.

KEY-WORDS: GROUNDWATER; ATTENUATION FACTOR; MOBILITY.

REFERÊNCIAS

- 1 CASSAMASSIMO, R. E. **Dissipação e mobilidade dos herbicidas glifosato e oxifluorfem em solo manejado no sistema de cultivo mínimo e florestado com *Eucalyptus grandis***. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- 2 DORES, E. F. G. de; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – análise preliminar. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

- 3 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **ARAQUÁ**: software para avaliação de risco ambiental de agrotóxico. Disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/forms/araqua.php3>. Acesso em: 30 out. 2010.
- 4 EXTOTNET. **Pesticide information profiles**. Available at: <<http://extotnet.orst.edu/pips/ghindex.html>>. Access: Feb. 21st, 2010.
- 5 FILIZOLA, H. F. *et al.* Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em águas superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.
- 6 FOOTPRINT. **Creating tools for pesticide risk assessment and management in Europe**. University of Hertfordshire. Available at: <<http://item.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>>. Access: Feb. 13th, 2010.
- 7 GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A. **Subsídio à avaliação de risco ambiental de agrotóxicos em solos agrícolas brasileiros**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 5 p. (Comunicado Técnico, 11).
- 8 INOUE, M. H. *et al.* Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no estado do Paraná. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 313-323, 2003.
- 9 LOURENCETTI, C. *et al.* Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 15, p. 1-14, 2005.
- 10 MATALLO, M. B. *et al.* Lixiviação dos herbicidas tebutiuron e diuron em colunas de solo. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 13, p. 83-90, 2003.
- 11 MOTTA, P. E. F.; BARUQUI, A. M.; SANTOS, H. G. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 414 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).
- 12 OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M.; AQUINO, L. A. Manejo de irrigação. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool – tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p. 217-244.
- 13 PASQUALETTO, A. *et al.* Lixiviação de imazetapir e imazamox em diferentes solos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 29, n. 1, p. 29-34, 1999.
- 14 PAULA, R. T. **Mobilidade de atrazina e ametrina em Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- 15 RAO, P. S. C.; DAVIDSON, J. M.; HAMMOND, L. C. Estimation of nonreactive and reactive solute front locations in soils. In: HAZARDOUS WASTES RESEARCH SYMPOSIUM, 1976. Tucson. **Proceedings...** Washington: EPA, 1976. p. 235-241. (EPA-600/19-76-015).
- 16 RAO, P. S. C.; HORNSBY, A. G.; JESSUP, R. E. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. **Soil & Crop Science Society of Florida**, Belle Glade, v. 44, p. 1-8, 1985.
- 17 SILVA, L. L. O papel do estado no processo de ocupação das áreas de cerrado. **Caminhos de Geografia**, v. 1, n. 2, p. 24-36, 2000.
- 18 SILVA, D. R. O. *et al.* Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 748-752, 2011.
- 19 SINDAG. Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola. **O setor de defensivos agrícolas no Brasil**. Disponível em: <[http://www.sindag.com.br/upload/OSetordeDefensivosagricolasno Brasil.doc](http://www.sindag.com.br/upload/OSetordeDefensivosagricolasno%20Brasil.doc)> Acesso em: 21 fev. 2011.
- 20 SPADOTTO, C. A. *et al.* **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p. (Documentos, 42).
- 21 SPADOTTO, C. A. *et al.* **ARAQUÁ – software para avaliação de risco ambiental de agrotóxico**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 7).
- 22 WEBER, J. B.; STREK, H. J.; SARTORI, J. L. Mobility of fomesafen and atrazine in soil columns under saturated and unsaturated-flow conditions. **Pesticide Science**, v. 39, n. 1, p. 39-46, 1993.