

Lixiviação de pesticidas em Latossolos da micro-bacia do Córrego

Chico Nunes, Dom Aquino – MT

Lourencetti, Carolina¹; Silva, Flávia. A.²; Vecchiato, Antonio. B.³; Weber, Oscarlina. L.⁴; Dores, Eliana. F. G. C.⁵

Resumo

A contaminação de águas subterrâneas por pesticidas vem despertando preocupações devido ao elevado uso desse recurso e de agroquímicos. A lixiviação é o principal mecanismo de acesso a esta matriz e sua avaliação preliminar fornece um indicativo do potencial de contaminação. Este trabalho avalia a mobilidade de pesticidas utilizados em áreas cotoníferas na micro-bacia do Córrego Chico Nunes, Dom Aquino-MT, em Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo. Carbofuram, clorpirifós, metolacoloro, α e β -endossulfam e seu metabólito, sulfato de endossulfam foram analisados em amostras de água percolada (lisímetros) e do aquífero freático e em diferentes camadas do solo. Eventos de chuvas intensas podem ter influenciado nos picos de concentração dos pesticidas obtidos nas amostras de água. Os pesticidas com baixo coeficiente de sorção (Koc), carbofuram e metolacoloro, foram encontrados em maiores concentrações nas amostras de água, o que justifica a não detecção nas camadas mais profundas do solo (120 cm). A presença dos compostos com alto Koc nas amostras de água pode ser devido à ocorrência de fluxo preferencial ou transporte associado à argila coloidal ou matéria orgânica solúvel. A avaliação da dinâmica de pesticidas no ambiente é uma ferramenta importante para a caracterização/gerenciamento dos riscos ambientais decorrentes do uso desses produtos.

¹ Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso - Depto de Química. Av. Fernando Correa s/n, 78060-900 – Cuiabá-MT, Brasil. Tel. (65)36158764. carollourencetti@yahoo.com.br

² Mestranda - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos. UFMT, flavia.amorimsilva@gmail.com

³ Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (Mestrado). UFMT, Depto. Geologia. brandt@cpd.ufmt.br

⁴ Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (Mestrado). UFMT, Depto. Solos e Engenharia Rural. oscsanwb@cpd.ufmt.br

⁵ Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (Mestrado). UFMT, Depto. Química. eliana@ufmt.br

Abstract

Groundwater contamination by pesticides is a great concern nowadays due to the intensive use of this resource and of agrochemicals. Leaching is the main pathway of pesticides movement to groundwater and the preliminary assessment of this process gives an indication of the groundwater contamination potential. This study assesses the mobility of pesticides used in cotton crops in the Chico Nunes Creek watershed, (Dom Aquino, Mato Grosso State, Brazil), in an Oxysol. Carbofuran, chlorpyrifos, metolachlor, α and β -endosulfan and its metabolite endosulfan sulfate were analyzed in lysimeters percolate, water table samples and in different soil layers. Intensive rain events showed to be an important factor in the pesticides concentration peaks in water. The pesticides with low sorption coefficient (K_{oc}), carbofuran and metolachlor, were detected in higher concentrations in water samples. This observation explains why these pesticides were not detected in deeper soil layers (120 cm). The detection of compounds with high K_{oc} in water samples may have occurred due to either preferential flow or vertical transport of the pesticide associated to colloid clay or soluble organic matter. Assessment of pesticides dynamics in environmental matrices is an important tool to characterize and to orientate the environmental risks management from these compounds use.

Palavras-chave: pesticidas, lixiviação, monitoramento, contaminação, águas subterrâneas.

1 - INTRODUÇÃO

Como a maior parte da água doce e potável disponível no nosso planeta encontra-se no subsolo, a possibilidade de contaminação desses importantes mananciais por pesticidas se tornou uma grande preocupação para os pesquisadores. A principal via de contaminação destas águas por pesticidas é a lixiviação, que se refere ao transporte vertical desses compostos no perfil do solo juntamente com a água da chuva ou irrigação que desce pelos poros [1]. Embora a camada de solo funcione como um filtro, diversos poluentes orgânicos, especialmente os pesticidas, têm sido detectados em águas subterrâneas de vários países [2-5].

Para manter a elevada produção de grãos e de algodão há a necessidade do consumo elevado de pesticidas, o que conseqüentemente induz à presença de diferentes pesticidas em amostras de águas superficiais e subterrânea no Estado de Mato Grosso.

Dores et al. [6] reportaram concentrações substanciais de metribuzina, metolaclo, simazina e atrazina (até $1,7 \mu\text{g L}^{-1}$) e traços de trifluralina em águas subterrâneas sob áreas anteriormente ocupadas por agricultura em Primavera do Leste-MT. Souza et al. [7], analisando pesticidas em águas subterrâneas coletadas em poços tubulares em fazendas cotonícolas também na região de Primavera do Leste, detectaram a atrazina, metolaclo, carbofuram, parationa-metilica, imidacloprido e diuron, com concentrações máximas de 0,07; 0,41; 1,08; 0,17; 3,41 e $2,00 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Os pesticidas endossulfam alfa e beta e seu metabólito sulfato de endossulfam, metolaclo, clorpirifós e carbofuram também foram detectados com frequência em águas superficiais e subterrâneas de uma área cotonífera [6].

A presença dessas substâncias em amostras de água subterrânea é um indicativo da sua vulnerabilidade à contaminação por pesticidas, indicando a necessidade de estudo dos fatores que influenciam o movimento desses contaminantes até os aquíferos.

A avaliação da mobilidade de pesticidas no solo, com o objetivo de estimar a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, vem sendo realizada aplicando-se métodos indiretos de avaliação do potencial de lixiviação, como os índices de GUS [8] e LIX [9], critérios de screening da EPA [10], fatores AF/RF [11] e métodos diretos, avaliação do comportamento dos pesticidas no solo. Além dessas determinações, é importante ressaltar que o entendimento da poluição de águas subterrâneas por pesticidas requer o conhecimento da relação entre os seguintes fatores: uso e características do solo, clima, propriedades do aquífero e propriedades intrínsecas do pesticida. A investigação das estimativas diretas tem sido realizada estudando-se o comportamento dos pesticidas no solo, seja pelo estudo de lixiviação, sorção no solo e persistência [12].

Estudos de lixiviação têm sido realizados em campo utilizando lisímetros, que são definidos como contêineres de solo representando o ambiente do campo. Dois sistemas básicos são empregados: natural (perfil do solo) ou preenchido pela matriz (solo desestruturado) com drenagem livre ou controlada por sucção [13]. Nesses tipos de estudos, as concentrações dos pesticidas são determinadas no lixiviado durante o experimento e nas diferentes camadas do solo, no final do experimento [14].

Este estudo teve como objetivo avaliar a lixiviação de alguns pesticidas mais frequentemente utilizados na cultura de algodão no Estado de Mato Grosso. Clorpirifós, metolaclo, endossulfam α e β e seu metabólito, sulfato de endossulfam, foram

analisados na água percolada do lisímetro, em diferentes camadas do solo e em amostras do lençol freático coletadas de poços de monitoramento instalados na área de estudo.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

O trabalho de campo foi realizado numa área localizada nas coordenadas de 15° 25' de latitude Sul e 54° 32' de longitude Oeste, micro-bacia do córrego Chico Nunes, pertencente ao município de Dom Aquino - Mato Grosso. A área foi escolhida para o estudo por apresentar solos característicos do Estado e por ser cultivada com algodão próximo a um curso d'água.

2.2 - Instalação experimental

Na área experimental, foram delimitadas seis parcelas de 50 m² cada, três em um Latossolo Vermelho Amarelo, localizado na posição mais a montante da vertente e três num Latossolo Amarelo, nas quais foram instalados lisímetros e poços de monitoramento para avaliar a lixiviação dos pesticidas clorpirifós, metolacloro, carbofuram, endossulfam α e β e do metabólito sulfato de endossulfam.

Em cada parcela foi instalado um lisímetro de 50 cm de profundidade para coleta da água de infiltração no solo. Os lisímetros foram construídos em aço inox nas dimensões de 24x24x50 cm. Para instalação do lisímetro, primeiramente introduziu-se a sua parte superior no solo, depois foi aberto uma trincheira para introdução do seu coletor. O coletor do lisímetro foi preenchido com cascalho de quartzo e areia de granulometria média e posteriormente encaixado no solo com o auxílio de um macaco hidráulico. A representação esquemática de um lisímetro instalado no campo está ilustrada na Figura 1. A coleta da água infiltrada foi feita utilizando-se uma garrafa de vidro âmbar.

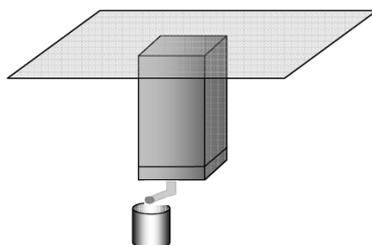


Figura 1. Representação esquemática de um lisímetro.

Logo abaixo de cada parcela foi instalado um poço de monitoramento para coleta de água do aquífero freático, com profundidades variando de 3,8 a 4,2 m.

Para a instalação dos poços de monitoramento foi aberto um furo no solo usando trado manual, até ultrapassar o nível d'água. Foi introduzido um tubo de PVC, fechado na extremidade inferior, com ranhuras nos últimos 60 cm para permitir a entrada de água. O espaço vazio ao redor do tubo foi preenchido com areia pré-lavada e tratada (para servir de pré-filtro) até a altura de 60 cm e o restante foi completado com o próprio solo retirado na perfuração. Aproximadamente 30-40 cm do tubo ficou acima do solo. A extremidade do furo foi tapada com cimento para impedir infiltração lateral de água. A extremidade superior do tubo foi fechada com uma tampa removível. As amostras de água foram retiradas do poço por meio de um coletor de aço inox e transferidas para um frasco de vidro âmbar.

Para verificar a contribuição de estoques de pesticidas em subsuperfície quanto à possível contaminação dos aquíferos, foram coletadas amostras deformadas de solo nas profundidades de 0-20, 20-40, 60-80 e 100-120 cm, através de trincheiras abertas nas parcelas experimentais.

2.3 - Aplicação dos biocidas na área experimental

Os pesticidas foram aplicados nas parcelas em 15 de outubro de 2003, por aspersão a 50 cm de altura do solo com o uso de uma barra com quatro bicos equidistantes de 50 cm. Em cada parcela foram aplicadas as seguintes quantidades em massa de ingredientes ativos: 3,6 g de clorpirifós (Nufós), 4,37 g de endossulfam (Dissulfan), 0,8 g de carbossulfam (Marshal) e 12 g de metolacoloro (Dual), visando atingir as doses recomendadas destes pesticidas em cultura de algodão.

2.4 - Período de amostragem e tratamento das amostras

O período de amostragem das águas dos lisímetros e dos poços de monitoramento iniciou-se em outubro de 2003 (logo após a aplicação dos pesticidas nas parcelas experimentais) e se estendeu até março de 2004. As águas percoladas dos lisímetros foram coletadas por evento e as amostras de água dos poços de monitoramento foram coletadas mensalmente. As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro âmbar com tampa de plástico com batoque de teflon.

As amostras de solo foram coletadas aos 128 e 211 dias após aplicação dos pesticidas, as quais foram armazenadas em papel alumínio, dentro de sacos plásticos.

As amostras de ambas as matrizes ambientais foram, imediatamente após a coleta, armazenada em gelo em uma caixa de isopor, sendo mantidas assim durante o transporte

do campo para o laboratório. No laboratório, as amostras de solo foram mantidas a -20 °C e as de água a 4 °C até o momento da extração dos resíduos dos pesticidas.

2.5 - Análise de resíduos dos pesticidas

As análises de resíduos de pesticidas, tanto em água quanto em solo, foram feitas em duplicata.

2.5.1 - Análise de resíduos de endossulfam, sulfato de endossulfam, clorpirifós e metolacoloro

Os pesticidas foram extraídos do solo por agitação mecânica com uma mistura dos solventes acetona, acetato de etila e água (2:2:1 v/v/v), e a purificação foi realizada por extração líquido-líquido, conforme metodologia descrita por Laabs et al. [15].

O procedimento de extração das amostras de água consistiu na extração em fase sólida usando octadecilsilano (C-18) como adsorvente e acetato de etila, hexano:acetato de etila (1:1 v/v) e hexano como eluentes, como descrito por Laabs et al. [16].

A identificação e quantificação dos pesticidas foram efetuadas em cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massa (CG/EM), nas seguintes condições: gás de arraste = hélio; temperatura do injetor = 250 °C; programação da temperatura do forno: temperatura inicial = 92 °C (2,5 min), rampa 15 °C min⁻¹ até 175 °C (13 min) e rampa 20 °C min⁻¹ até 280 °C (9 min).

2.5.2 - Análise de resíduos de carbofuram

O carbofuram foi extraído das amostras do solo por agitação usando a mistura acetona: acetonitrila: tampão pH 2,0 (2:2:1, v/v/v) e das amostras de água por extração em fase sólida usando estireno divinil benzeno (SDBV) como adsorvente e metanol:acetonitrila (7:3 v/v) como eluente. Uma descrição detalhada dos métodos de extração do carbofuram, em solo e em água, foi dada por Dores et al. [17].

A identificação e a quantificação do carbofuram nos extratos foram efetuadas em cromatógrafo líquido com detector de UV com arranjo de diodos. O gradiente de eluição constou de uma mistura de dois solventes: água e acetonitrila num fluxo de 1 mL min⁻¹, iniciando com 20% de acetonitrila e 80% de água, passando para 40% e 60% aos 6 minutos, 80% e 20% aos 20 minutos, 100% de acetonitrila aos 30 minutos e permanecendo nessa condição até 33 minutos, finalizando a eluição das amostras.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Caracterização do solo

Dois tipos de solo foram identificados na área experimental, Latossolo Amarelo (plots 1, 2 e 3) e Latossolo Vermelho Amarelo (plots 4, 5 e 6).

Os resultados das análises das amostras do solo de cada plot experimental (Tabela 1) indicaram que a granulometria da camada superficial dos plots (0-10 cm) apresentou predominância da fração areia sobre a argila de modo que a classe textural se enquadrou como areno argilosa nos plots P5 e P6 e como areno siltosa nos demais plots.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas da camada superficial dos solos nas áreas dos plots experimentais

Plot	argila	silte	areia	pH	SB ¹	TpH7,0 ²	t efetiva	Corg ³
	g kg ⁻¹			H ₂ O		cmolc dm ⁻³		g kg ⁻¹
P1	284	114	602	6,33	3,06	5,29	3,29	16,52
P2	284	114	602	5,51	3,11	5,47	3,46	18,88
P3	284	114	602	5,35	2,47	4,61	2,72	14,16
P4	217	148	635	5,88	3,45	5,47	3,65	16,52
P5	310	55	635	5,95	4,37	6,48	4,64	18,49
P6	310	88	602	5,91	3,94	5,98	4,25	14,95

¹ SB = soma de bases (Ca+Mg+K)

² TpH7,0 = capacidade de troca catiônica em pH7 (SB+H+Al)

³ Corg = carbono orgânico

A granulometria nos dois perfis correspondentes a uma trincheira aberta em um Latossolo Vermelho Amarelo e a outra em um Latossolo Amarelo, localizadas próximas à área de estudo, demonstrou que ocorreu aumento do teor de argila em profundidade com redução da areia. Essa variação leva à maior retenção de água com maior probabilidade de retenção de poluentes.

3.2 - Estudo da lixiviação utilizando lisímetros em campo, poços de monitoramento e tradagem do solo

Considerando que o processo de sorção, que ocorre entre os pesticidas e as partículas do solo, depende das suas respectivas características, e é um importante fator que regula a persistência e a mobilidade dos pesticidas e, conseqüentemente, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a determinação do coeficiente de

sorção dos pesticidas estudados foi realizada para a camada superficial do solo (0-20 cm) (Tabela 2). Embora o pesticida carbossulfam tenha sido aplicado no solo, o seu principal metabólito, carbofuram, foi determinado nas amostras de água e solo. A determinação dessas propriedades em laboratório é uma importante ferramenta para interpretar os dados obtidos no estudo em campo.

Tabela 2. Valores de tempo de meia vida ($t_{1/2}$) e coeficiente de adsorção normalizado à matéria orgânica do solo (K_{oc}) para os pesticidas estudados.

Pesticidas	$t_{1/2}$ (dias)	K_{oc}
Endossulfam alfa	43	31.992
Endossulfam beta	~128	45.004
Sulfato de endossulfam	48	7.700
Clorpirifós	14,5	2.896
Metolaclor	34	197
Carbofuram	n.d.	31

n.d. = não determinado

Os resultados obtidos para os pesticidas nas amostras de água, coletadas dos lisímetros e dos poços de monitoramento, não apresentaram diferença significativa entre os dois tipos de solo estudados ($p > 0,05$, teste de Mann-Whitney). Assim, a distinção de solos não será realizada durante a apresentação dos resultados de concentração obtidos para os pesticidas.

Os resultados das análises de água coletadas dos lisímetros apresentaram concentrações mais elevadas para o carbofuram, seguido do metolacoloro (Figura 2). Os picos de concentração desses dois pesticidas foram encontrados quando houve maiores precipitações pluviométricas, sendo, portanto os eventos de chuvas intensas importantes aspectos para o aumento da lixiviação de ambas as substâncias. Esses dois pesticidas também apresentaram concentrações mais elevadas em amostras mensais de água coletadas dos poços de monitoramento (Figura 3).

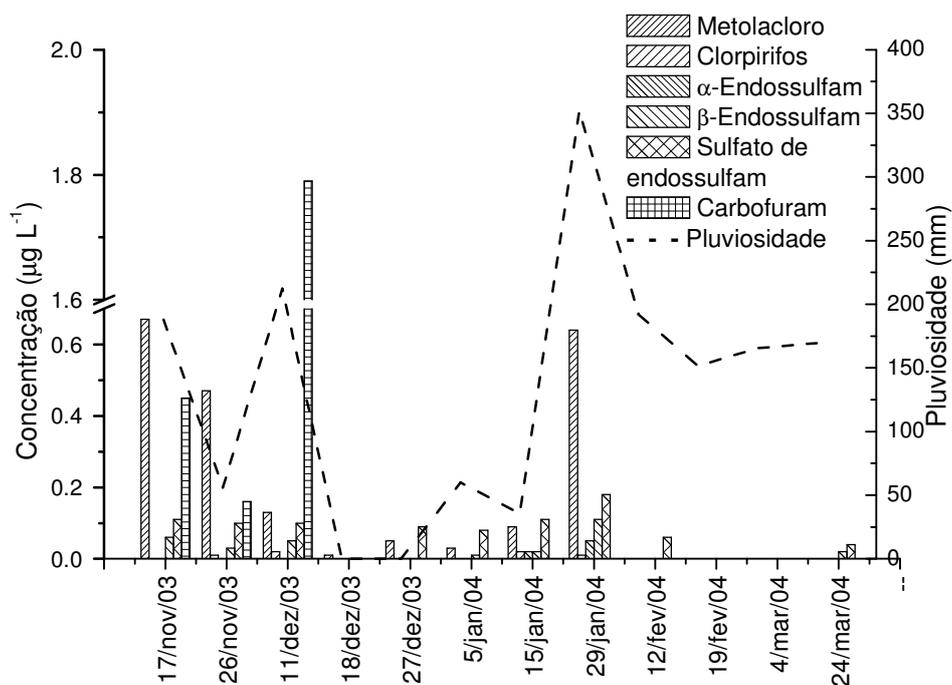


Figura 2. Concentração dos pesticidas metolaclo, clorpirifós, α - e β - endossulfam, sulfato de endossulfam e carbofuram em amostras de água coletadas de lisímetros em campo.

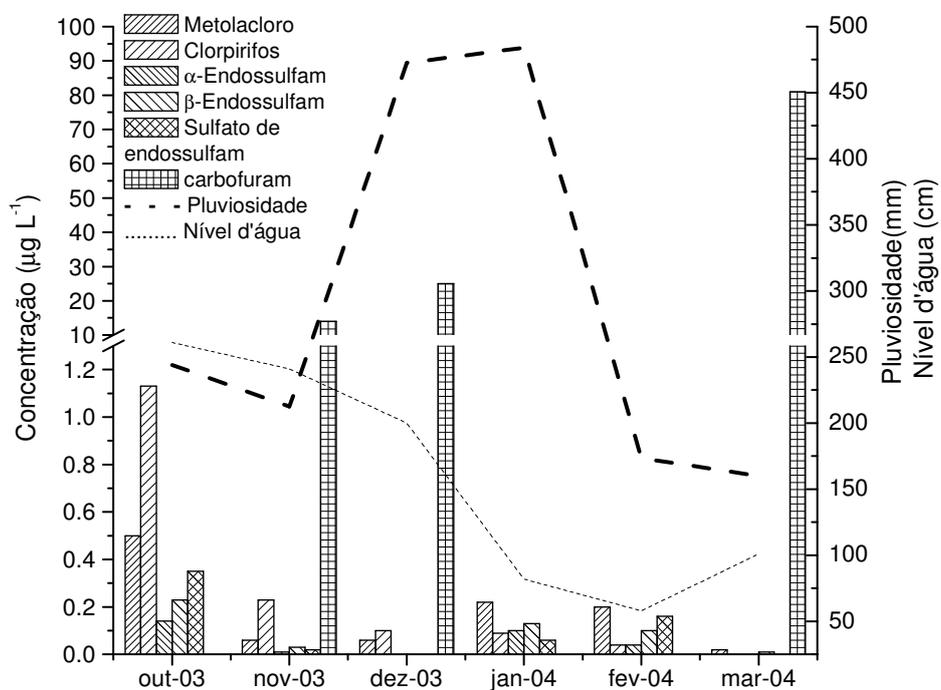


Figura 3. Concentração dos pesticidas metolaclo, clorpirifós, α - e β - endossulfam, sulfato de endossulfam e carbofuram em amostras de água coletadas de poços de monitoramento.

A elevada detecção do carbofuram em amostras de água percolada e no poço de monitoramento deveu-se à sua elevada solubilidade em água (322 mg L⁻¹) e ao baixo coeficiente de sorção da molécula (Tabela 2). Esse comportamento foi ressaltado pelas análises do solo em diferentes profundidades, 0-20, 20-40, 60-80 e de 100-120 cm (Tabela 3). O pesticida carbofuram não foi detectado em nenhuma camada do solo, podendo assim ter sido disperso para o meio por volatilização e principalmente por lixiviação.

Tabela 3. Concentração dos pesticidas em diferentes camadas do solo após estudo de lixiviação empregando lisímetro em campo.

Profundidade (m)	Concentração (µg kg ⁻¹)					
	Metolacloro	Clorpirifos	α-Endossulfam	β-Endossulfam	Sulfato de Endossulfam	Carbofuram
0-20	8,51	2,23	2,17	8,46	100,3	nd
20-40	0,25	0,71	0,62	nd	7,20	nd
60-80	nd	nd	nd	nd	nd	nd
100-120	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd – não detectado.

Elevado potencial de contaminação das águas subterrâneas pelo carbofuram tem sido apresentado por diversos autores, pois é considerado altamente móvel em solo arenoso e ligeiramente móvel em solo húmico [18] e por ter sido encontrado em amostras de água subterrâneas [19].

Embora o metolacloro tenha sido detectado em amostras de água percolada e do poço de monitoramento, o mesmo foi encontrado nas camadas superficiais (0-20 cm) de todos os plots nas duas datas de coleta e em concentrações decrescentes nas camadas mais profundas. O metolacloro apresentou baixo coeficiente de sorção e a sua presença nas camadas superficiais do solo pode ser explicada pela maior quantidade aplicada, quando comparado com os demais pesticidas.

Os baixos valores de concentração do pesticida clorpirifós encontrados nas amostras de água percolada e do lençol freático podem ser explicados pelo seu elevado coeficiente de sorção ao solo e ao baixo tempo de meia-vida (Tabela 2), o que lhe confere baixa mobilidade. Esse pesticida foi encontrado principalmente nas duas primeiras camadas do solo (Tabela 3). Os resultados deste estudo concordam com os obtidos por Laabs et al. [15] ao realizarem um experimento com lisímetros em área próxima à região do presente estudo para avaliar o potencial de lixiviação de alguns pesticidas em Latossolos, dentre

esses, o clorpirifós. Os autores observaram que esse inseticida permaneceu praticamente imóvel no solo, comportamento este que foi atribuído a sua elevada sorção ao solo (Koc de 7247 mL g⁻¹).

O metabólito do endossulfam, sulfato de endossulfam, foi encontrado em concentrações mais elevadas em amostras de água percolada e do lençol freático do que o composto de partida. Esse fato era esperado considerando a maior polaridade desse metabólito e sua conseqüente maior solubilidade em água. Silva [20] avaliou a lixiviação de pesticidas, analisando amostras de água de lisímetros, solução de solo e poços de monitoramento, em área de cultura de algodão na região de Campo Verde-MT. Dentre os pesticidas mais detectados estava o sulfato de endossulfam.

Embora o endossulfam apresente elevado coeficiente de sorção, indicativo de baixo potencial de lixiviação, as formas α - e β - endossulfam foram detectadas em amostras de água percolada dos lisímetros. A lixiviação desse inseticida deveu-se às duas causas prováveis: uma possível ocorrência de fluxo preferencial, situação já descrita e encontrada em Latossolos [21], ou o transporte associado à argila coloidal ou matéria orgânica solúvel. Valores elevados do sulfato de endossulfam também foram encontrados na primeira camada do solo, podendo ser resultado da elevada sorção às partículas do solo e principalmente de aplicações sucessivas do composto de partida, endossulfam, na área de estudo.

A elevada sorção do endossulfam também foi apontada por Laabs et al. [15] em um experimento com lisímetros em uma área próxima a Cuiabá-MT. Os autores verificaram pequena lixiviação do endossulfam e atribuíram esse comportamento ao seu elevado Koc (5713 mL g⁻¹).

Os pesticidas presentes nas camadas mais profundas do solo representam estoques de produtos que estão parcialmente protegidos contra degradação e disponíveis para serem transportados pela água até o lençol freático, principalmente considerando que o coeficiente de sorção dos pesticidas diminui em profundidade, devido à diminuição do conteúdo de matéria orgânica.

Uma recomendação, na tentativa de diminuir as perdas de pesticidas por lixiviação, tem sido o aumento do teor de matéria orgânica no solo através do manejo adequado ou da implantação de sistemas conservacionistas. Porém, particularmente no caso do carbofuram, devido à sua baixa sorção ao solo, essa medida não teria efeitos relevantes na restrição à sua lixiviação, o que não ocorreria no caso de pesticidas mais adsorvidos.

Além de fornecer dados das condições reais de contaminação dos compartimentos ambientais, como água subterrânea, os estudos de monitoramento de pesticidas no ambiente e a avaliação da dinâmica destas substâncias em diferentes matrizes ambientais são ferramentas importantes para a caracterização e o gerenciamento dos riscos ambientais decorrentes do uso desses produtos e podem fazer parte da avaliação no processo de registro de novos produtos ou da reavaliação de produtos em uso.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SCORZA JUNIOR, R. P.; SMELT, J. H.; BOESTEN, J. J. T. I.; HENDRIKS, R. F. A.; ZEE, S. E. A. T. M. Van Der . Preferential flow of bromide, bentazon and imidacloprid in a Dutch clay soil. **J. Environ. Qual.**, v. 33, n. 4, p. 1473-1486, 2004.
- [2] LANCHOTE, V. L.; BONATO, P. S.; CERDEIRA, A. L.; SANTOS, N. A. G.; CARVALHO, D.; GOMES, M. A. HPLC screening and GC/MS confirmation of triazine herbicides residues in drinking water from sugar cane area in Brazil. **Water, Air, Soil Pollut.**, v. 118, p. 329-337, 2000.
- [3] CARABIAS-MARTÍNEZ, R.; GONZALO, E. R.; HERRERO-HERNANDEZ, E.; SAN ROMAN, F. J. S.; FLORES, M. G. P. Determination of herbicides and metabolites by solid-phase extraction and liquid chromatography. Evaluation of pollution due to herbicides in surface and groundwaters. **J. Chromatogr., A**, v. 950, p. 157–166, 2002.
- [4] CEREJEIRA, M. J.; VIANA, P.; BATISTA, S.; PEREIRA, T.; SILVA, E.; VALÉRIO, M. J.; SILVA, A.; FERREIRA, M.; SILVA-FERNANDES, A. M. Pesticides in Portuguese surface and ground waters. **Water Res.**, v. 37, p. 1055–1063, 2003.
- [5] SHOMAR, B. H.; MÜLLER, G.; YAHYA, A. Occurrence of pesticides in groundwater and topsoil of the Gaza Strip. **Water, Air, and Soil Poll.**, v. 171, p. 237–251, 2006
- [6] DORES, E. F. G. C., VECCHIATO, A. B., MONNERAT, R. G. **Algodão e proteção ambiental** In: Algodão: pesquisas e resultados para o campo. 1ed. Cuiabá: Facual, 2006, v.2, p. 360-390.
- [7] SOUZA, V.; DORES, E. F. G. C.; RIBEIRO, M. L.; VECCHIATO, A. B.; WEBER, O. L. S.; PINTO, A. A.; SPADOTTO, C. A.; CARBO, L.; CUNHA, M. L. F. Determinação de pesticidas em água de poços tubulares em áreas de cultura de algodão na microrregião de Primavera do Leste, Mato Grosso. In: **XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2004, Cuiabá. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2004. CD-ROM. p. 1-15.

- [8] GUSTAFSON, D. I.; Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 8, p. 339-357, 1989.
- [9] SPADOTTO, C. A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. **Pesticidas: rev. ecotoxicol. e meio ambiente**, v. 12, p. 69-78, 2002.
- [10] COHEN, S. Z.; WAUCHOPE, R. D.; KLEIN, A. W.; EADSFORTH, C. V.; GRANEY, R. Offsite transport of pesticides in water mathematical models of pesticide leaching and runoff. **Internat. Union Pure Appl. Chem.**, v. 67, n. 12, p. 2109-2148, 1995.
- [11] RAO, P. S. C.; HORNSBY, A. G.; JESSUP, R. E. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. **Soil Crop Sci. Soc. Florida**, v. 44, p. 1-8, 1985.
- [12] RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; SANTIAGO-SILVA, M.; PEREIRA, S. Y. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 688-694, 2007
- [13] WINTON, K.; WEBER, J. B. A review of field lysimeter studies describe the environmental fate of pesticides. **Weed Technol.**, v. 10, p. 202-209, 1996.
- [14] LANDRRY, D.; DOUSSET, S.; ANDREUX, F. Laboratory leaching studies of oryzalin and diuron through three undisturbed vineyard soil columns. **Chemosphere**, v. 54, p. 735-742, 2004.
- [15] LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; ALTSTAEDT, A.; ZECH, W. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an Oxisol of the Brazilian Cerrados. **Chemosphere**, v. 41, p. 1441-1449, 2000.
- [16] LAABS, V.; AMELUNG, W.; ZECH, W. Multi-residue analysis of corn and soybean pesticides in Brazilian oxisols using gas chromatography and mass selective detection. **J. Environ. Qual.**, v. 28, p. 1778–1786, 1999.
- [17] DORES, E. F. G. C.; SPADOTTO, C. A.; WEBER, O. L. S.; CARBO, L.; VECCHIATO, A. B.; PINTO, A. A. Environmental Behaviour of Metolachlor and Diuron in a Tropical Soil in the Central Region of Brazil. **Water Air Soil Pollut**, v. 197, p. 175–183, 2009.
- [18] TARIQ, M. I.; AFZAL, S.; HUSSAIN, I. Degradation and persistence of cotton pesticides in sandy loam soils from Punjab, Pakistan. **Environmental Research**, v. 100, p. 184-196, 2006.
- [19] SOUZA, V. **Avaliação da contaminação de águas por resíduos de pesticidas em área de cultura de algodão: região de Primavera do Leste – MT**. 2006. 125 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.

- [20] SILVA, F. A. **Influência do sistema de manejo da cultura de algodão na lixiviação de pesticidas na região de Campo Verde, Mato Grosso.** 2007. 56 f. Monografia (Graduação em Química) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.
- [21] REICHENBERGER, S.; AMELUNG, W.; LAABS, V.; PINTO, A.; TOTSCHE, K. U.; ZECH, W. Pesticide displacement along preferential flow pathways in a Brazilian Oxisol. **Geoderma**, v. 110, p. 63–86, 2002.