

Diagnóstico Ambiental de Organoclorados em Sedimentos e Invertebrados Bentônicos de Bacias Hidrográficas do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brasil

Renata de Moura Guimarães Souto¹, Juliano José Corbi², Giuliano Buzá Jacobucci³

rebioguimaraes@yahoo.com.br

Recebido: 14/03/13 - revisado: 08/10/13 - aceito: 24/10/13

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os níveis de compostos organoclorados em sedimentos de 35 cursos de água pertencentes às bacias hidrográficas Uberabinha, Araguari e Tijuco. Foram analisadas amostras de invertebrados bentônicos coletados em córregos que apresentaram maiores concentrações de organoclorados. Dos 19 compostos analisados, 10 foram detectados em cursos de água. Não foi evidenciada bioacumulação de organoclorados na fauna. No entanto, isso não exclui outros possíveis impactos destes compostos sobre a fauna. Medidas de controle devem ser encorajadas uma vez que o sedimento é um dos compartimentos mais importantes no contexto da ciclagem da matéria e fluxo de energia.

Palavras-chave: bioacumulação, predadores e poluição.

INTRODUÇÃO

A utilização de agrotóxicos constitui uma das características fundamentais do padrão tecnológico introduzido na agricultura brasileira desde os anos sessenta (CARRARO, 1997). Dos compostos usados em grande escala, destacam-se, inicialmente, os organoclorados, depois os organofosforados, carbamatos, piretróides e uma série de derivados de triazinas, dentre outros (LARA & BATISTA, 1992).

Os pesticidas organoclorados são substâncias orgânicas tóxicas de origem antrópica que podem ser encontrados em vários compartimentos ambientais: água, solo, ar, sedimento, fauna e flora. Caracterizam-se por apresentar natureza lipofílica, o que os torna passíveis de serem bioacumulados na cadeia alimentar (BAIRD, 2002). Uma vez que são resistentes à degradação microbiana, fotoquímica e térmica (JONES & VOOGT, 1999; VIVES *et al.*, 2005), possuem grande estabilidade físico-química, podendo permanecer no ambiente por décadas.

Os efeitos adversos dos compostos organoclorados na biota são diversos, destacando-se os

mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos (MONTEIRO & NOGUEIRA, 1983). Em relação à saúde humana, é relatado que estes compostos podem ter efeitos na reprodução, interrupção endócrina (KELSE *et al.*, 1995; KAVLOCK *et al.*, 1996) além de efeitos neurotóxicos (SUÑOL *et al.*, 1998; BLOOMQUIST, 1992). Por esses motivos, em 1995 a utilização de tais compostos para o controle de pragas em pastagens foi proibida em território nacional por meio da Portaria 357/1971, sendo permitido o uso apenas em campanhas de saúde pública no combate a vetores de agentes etiológicos da Malária e Leishmaniose e também para uso emergencial na agricultura (a critério do Ministério da Agricultura). Além disso, há permissão também para o uso de iscas formicidas à base de Aldrin e dodecacloro e do uso de cupinídeos à base de Aldrin para reflorestamento (D'AMATO *et al.*, 2002; PORTARIA 329/1985).

Considerando a importância dos danos de resíduos de pesticidas organoclorados aos ecossistemas terrestres e aquáticos, o monitoramento desses compostos em sedimentos, solos, fauna, cursos de água e lençóis freáticos torna-se muito importante. Os sedimentos, particularmente, são considerados bons indicativos da contaminação por agrotóxicos (FLORES *et al.*, 2004). É nesse compartimento que vários organismos aquáticos habitam realizando processos vitais como alimentação e reprodução. De acordo com Esteves (1998), o sedimento integra todos os processos que ocorrem nos ecossistemas

¹ - Ecologia e Conservação de Recursos Naturais – UFU, *Campus* Umuarama, Uberlândia – MG

² - Universidade de São Paulo – USP

³ - Instituto de Biologia – UFU - *Campus* Umuarama, Uberlândia – MG

aquáticos (biológicos, físicos e químicos) e pode ser considerado um dos compartimentos mais importantes desses ecossistemas no contexto da ciclagem de matéria e fluxo de energia. Não se sabe ao certo o quanto a presença desses contaminantes no ambiente pode alterar ciclos de vida, relações tróficas, serviços ecológicos e a biodiversidade.

Sabe-se que o Cerrado é considerado um Hotspot, ou seja, uma área prioritária para conservação, considerando a alta biodiversidade encontrada e a grande ameaça a que vem sendo submetido. Minas Gerais, o segundo estado brasileiro que comporta maior área de Cerrado, foi um dos estados em que a agricultura teve grande expansão desde o século XIX com o cultivo do café. Neste estado, apenas dois estudos foram desenvolvidos com a finalidade de detecção e quantificação de organoclorados em sedimentos. Flores *et al.* (2004) indicaram a presença de organoclorados no Ribeirão São Bartolomeu. No Triângulo Mineiro, Schneider (1996) avaliou a presença de organoclorados em matrizes de solo e de água em seis pontos de um trecho da Bacia do Rio Uberabinha, indicando a presença de tais compostos muito próximos a áreas de captação de água para abastecimento público.

Em relação à fauna aquática, quando associada a sedimentos contaminados por organoclorados, um dos possíveis desdobramentos é a bioacumulação, um processo pelo qual ocorre a concentração de poluentes nos tecidos de seres vivos, que pode se dar passivamente, por adsorção dos poluentes da coluna de água, ou ativamente através da ingestão de partículas tóxicas (LIBES, 1992). A partir da bioacumulação pode ocorrer a biomagnificação, que consiste no aumento da concentração dos poluentes em níveis tróficos superiores, em decorrência das relações que ocorrem na cadeia alimentar (neste caso as maiores concentrações são encontradas nos predadores). Diversos estudos já relataram bioacumulação em peixes, dentre eles Miranda (2006), Guo *et al.* (2008), Volta *et al.* (2009), também em mexilhões (OZKOC *et al.*, 2007) e caranguejos (MENONE *et al.*, 2000). Na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, representada principalmente por insetos aquáticos, não há informações na literatura sobre o processo de bioacumulação de pesticidas organoclorados, sendo uma importante questão considerando os efeitos tóxicos desses compostos.

A Bacia do Rio Uberabinha até o final da década de 60 foi marcada pela pecuária extensiva (SCHNEIDER, 1996); no final dos anos 70 a área de chapada do Rio Uberabinha passou pelo chamado “Processo de Modernização da Agricultura Brasilei-

ra” sendo alvo de plantio de soja. A topografia plana e a facilidade de acesso a jazidas de calcário na região foram fatores que favoreceram a expansão agrícola e, com ela, o intenso uso de agrotóxicos. Destaca-se também a prática da silvicultura de *Pinus* e Eucalipto que, com incentivos fiscais, expandiu-se nas áreas de Cerrado (SCHNEIDER, 1996).

Sendo as águas da Bacia do Rio Uberabinha de fundamental importância para o abastecimento de água da cidade de Uberlândia, entende-se que o diagnóstico e monitoramento da contaminação desse manancial deve ser uma medida prioritária, considerando que diversos poluentes como pesticidas e metais pesados não são eliminados quando da realização do tratamento convencional de água para abastecimento público.

Nesse contexto, este estudo teve por objetivo avaliar os níveis de pesticidas organoclorados em sedimentos de cursos de água pertencentes às bacias do Rio Uberabinha, Rio Araguari e Tijuco. Também foi avaliada a ocorrência da bioacumulação de compostos organoclorados em larvas de insetos aquáticos predadores coletadas em sedimentos de cursos de água contaminados por pesticidas clorados.

MATERIAL E MÉTODOS

Área Estudada

A bacia do Rio Uberabinha integra a região denominada Triângulo Mineiro e abrange parte dos municípios de Uberlândia, Uberaba, Martinésia e Tupaciguara, drenando uma área aproximada de 2.188,3 km² (FELTRAN FILHO & LIMA, 2007). Ela integra a bacia do rio Paraná, representada pelas litologias de idade Mesozóica: arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e rochas do Grupo Bauru (NISHIYAMA, 1989). O clima da região é o tropical e, segundo a classificação climática de Köppen, é tipo Aw, megatérmico, com chuvas no verão e seca de inverno (EMBRAPA, 1982)

Sedimento

Amostragem

Foram amostrados 35 pontos de coleta, perfazendo 12 pontos no rio Uberabinha e 18 pontos em afluentes. Três pontos em riachos integrantes da Bacia do Rio Araguari e dois da Bacia do Rio Tijuco (Figura 1, Tabela 1).

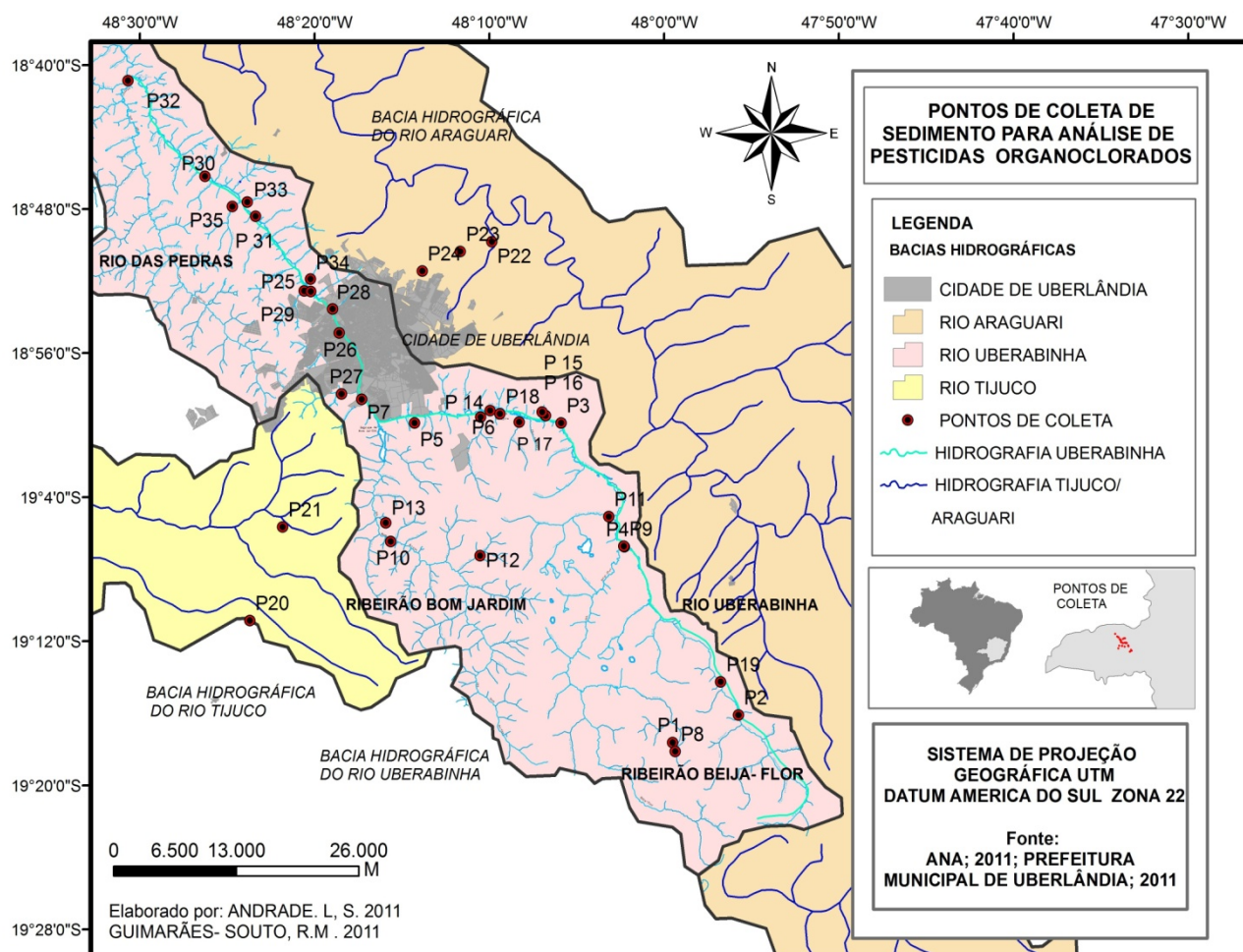


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta de sedimentos para análise de organoclorados. 2011

As amostras de sedimento foram coletadas manualmente entre os meses de julho e outubro de 2011 em duplicata em cada ponto de coleta. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro estéreis com tampa de teflon, revestidos externamente com papel alumínio e com capacidade para 200 g. Estes foram colocados em caixa isotérmica com gelo até a chegada ao laboratório, onde foram armazenados em refrigerador a 4 °C.

Extração e análise

Para extração de organoclorados no sedimento foi utilizada a técnica de Ultra-Som (EPA - Método 3550C - ULTRASONIC EXTRACTION 3550C). Foram adicionados a 10 g de sedimento in

natura 25 mL de hexano. A extração ocorreu em banho de ultra-som por 15 minutos e, em seguida, foi feita a filtração em papel Whatman nº 45. Ao extrato foi adicionado sulfato de sódio anidro para eliminar traços de umidade. Os extratos foram evaporados em um rotaevaporador até redução do volume para 1 mL e as análises foram determinadas em duplicata por cromatografia gasosa acoplada à detecção por espectrometria de massa (GCMS). Foram analisados 19 organoclorados (os mais comumente encontrados no território nacional), a saber: Aldrin, Alfa-BHC, Beta-BHC, Delta-BHC, Gama-BHC, Clordano, 4,4-DDD, 4,4-DDE, 4,4-DDT, Dieldrin, Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan Sulfato, Endrin, Endrin Aldeído, Heptacloro, Heptacloro Epoxi, Metoxiclor, Metolaclor.

Tabela 1 – Localização dos ambientes amostrados.

Código	Curso d'água	Localização	Coordenadas Geográficas
P1	Rio Uberabinha	Alto Curso	19°17'37"S 47°54'19"O
P2	Rio Uberabinha	Alto Curso	19°16'6"S 47°55'44"O
P3	Rio Uberabinha	Alto Curso	18°59'53"S 48°05'53"O
P4	Rio Uberabinha - Foz Ribeirão Beija-Flor	Alto Curso	19°6'45"S 48°2'16"O
P5	Rio Uberabinha – Ponte de Arame	Alto Curso	18°59'53"S 48°14'89"O
P6	Rio Uberabinha – Captação de água	Alto Curso	18° 59' 11.54"S 48 09 56.17"O
P7	Rio Uberabinha – Clube Caça e Pesca	Alto Curso	18°58'34" S 48°17'18" O
P8	Córrego Machado	Alto Curso	19°18'7"S 47°59'21"O
P9	Ribeirão Beija Flor	Alto Curso	19°6'43"S 48°2'18"O
P10	Ribeirão Bom Jardim	Alto Curso	19°6'27"S 48°15'38"O
P11	Córrego Rancharia	Alto Curso	19°5'5"S 48°3'9"O
P12	Córrego do Meio	Alto Curso	19°7'15"S 48°10'31"O
P13	Córrego da Enxada	Alto Curso	19°1'27"S 48°15'55"O
P14	Córrego Estiva	Alto Curso	18°59'33"S 48°10'29"O
P15	Córrego na Fazenda Cabeceira do Lobo	Alto Curso	18°59'28"S 48°6'46"O
P16	Córrego da Arregaçada	Alto Curso	18°59'16"S 48°6'58"O
P17	Córrego da Fortaleza	Alto Curso	18°59'50"S 48°8'17"O
P18	Rio Uberabinha- captação de água	Alto Curso	18°59'22"S 48°9'23"O
P19	Rio Uberabinha	Alto Curso	19°14'15"S 47°56'45"O
P20	Ribeirão do Panga	Bacia do Rio Tijuco	19°10'51,3"S 48°23'42,6"O
P21	Córrego da Areia	Bacia do Rio Tijuco	19°05'39,3"S 48°21'49,0"O
P22	Córrego Marimbondo	Bacia do Rio Araguari	18°49'49,3"S 48°09'51,6"O
P23	Córrego Terra Branca	Bacia do Rio Araguari	18°50'21"S 48°11'39"O
P24	Córrego São José	Bacia do Rio Araguari	18°51'26,4"S 48°13'50,2"O
P25	Córrego Bernardo/Capim Branco	Médio Curso	18°52'32,7"S 48°20'35,6"O
P26	Córrego do Óleo	Médio Curso	18°54'53,5"S 48°18'35,7"O
P27	Córrego das Guaribas	Médio Curso	18°58'16"S 48°18'27"O
P28	Rio Uberabinha -Confluência com Córrego Liso	Médio Curso	18°53'33" S 48°18'57" O
P29	Rio Uberabinha - Fazenda Capim Branco	Médio Curso	18°52'35" S 48°20'12"O
P30	Rio Uberabinha – Ponte do Carrapato	Baixo Curso	18°46'11"S 48°26'16"O
P31	Rio Uberabinha – Usina dos Martins	Baixo Curso	18°48'24"S 48°23'22"O
P32	Rio das Pedras	Baixo Curso	18°41'16"S 48°30'43"O
P33	Córrego Gordura	Baixo Curso	18°47'36"S 48°23'51"O
P34	Córrego Boa Vista	Baixo Curso	18°51'53"S 48°20'13"O
P35	Córrego dos Machados	Baixo Curso	18°47'51"S 48°24'42"O

Fauna

Amostragem

A fauna foi coletada utilizando-se rede coletora do tipo "D". Ainda em campo foi feita pré-triagem dos táxons e, em laboratório, os organismos

foram identificados utilizando-se estereomicroscópio e chaves específicas (MUGNAI *et al.*, 2010).

Para a análise da concentração de organoclorados na fauna optou-se, inicialmente, por uma avaliação de grupos tróficos diversificados (Tabela 2). Dessa forma, foram analisadas seis amostras de 2g, cada uma contendo representantes diversos da

Tabela 2 – Composição e abundância de macroinvertebrados bentônicos coletados em córregos contaminados por organoclorados, Minas Gerais, Brasil, 2012.

Táxons	Pontos amostrais			GT	
	Córrego Gordura	Ponte de Arame	Córrego Marimbondo	Córrego do Óleo	
Coleoptera					
Elmidae*			1		C
Hemiptera*	1				P
Odonata					
Calopterygidae			5	197	P
Coenagrionidae			2	7	P
Gomphidae	465	2	182	7	P
Libellulidae	2	2	32	58	P
Zygoptera Identificada	1	1		53	P
Plecoptera					
Perlidae*					P
Trichoptera					
Hydropsychidae*			1		F
Megaloptera*			1		P
Abundância Total	469	5	230	322	

GT – Grupo trófico alimentar. C: coletor; P: predador; F: filtrador

* Presentes apenas na primeira análise; os demais na segunda análise.

entomofauna bentônica presente nos pontos que apresentaram as maiores concentrações de organoclorados (P33, P17 e P5). Em um segundo momento, restringiu-se as análises somente aos macroinvertebrados predadores (Tabela 2), uma vez que a concentração de organoclorados nesses organismos seria, teoricamente, maior. Foram analisadas seis amostras de 10g cada (visando maior representatividade da amostra) sendo duas de cada um dos três córregos que apresentaram maiores concentrações de organoclorados e que tinham elevada abundância de predadores (córregos Marimbondo, Gordura e Óleo).

Foram analisados os mesmos compostos avaliados nos sedimentos.

Extração e análise

Para extração e análise de organoclorados na fauna foi utilizada a mesma técnica aplicada aos sedimentos, mudando-se apenas a massa amostral. Assim, foram utilizadas seis amostras de 2,0 g num primeiro momento e seis de 10,0g em um segundo momento.

RESULTADOS

Sedimentos

Dos dezenove compostos organoclorados analisados, dez foram detectados nos cursos de água estudados (Tabela 3) sendo que os níveis de concentração variaram de 0 a 12,20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Entre os compostos analisados, Aldrin, 4,4- DDE e Endrin Aldeído foram os mais frequentes e também os que apresentaram as maiores concentrações, considerando-se a porcentagem total dos mesmos em relação aos demais compostos (44,00%, 23,17% e 17,07%, respectivamente). Apesar da baixa frequência, Metolachlor representou 7,47% das concentrações detectadas. Os compostos Endosulfan 1, 4,4 DDD, Endrin e Heptacloro Epoxi apareceram em concentrações intermediárias e em baixa frequência. Os demais compostos 4,4DDT e Gama BHC, foram os compostos que apresentaram as menores concentrações em apenas uma amostra.

Observou-se que os pontos localizados no alto curso do Rio Uberabinha foram os que apresentaram as maiores concentrações dos compostos ana

Tabela 3 – Concentração de compostos organoclorados nos sedimentos dos cursos de água estudados.
Os valores encontram-se em $\mu\text{g.kg}^{-1}$. n=2; foram apresentados os maiores valores de cada réplica.

Compostos																	Amostras		CMP (µg.Kg ⁻¹)**	
Compostos	Amostras																		CMP (µg.Kg ⁻¹)**	
	Alto curso																			
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18		
Aldrin	4,32	nd	nd	nd	nd	nd	0,27	2,76	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,21	nd	nd	nd	120	
4,4-DDE	12,19*	nd	nd	nd	3,32*	0,81	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,14*	1,5	
Endosulfan I	nd	nd	nd	nd	1,54*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,026	
Endrin	nd	nd	nd	1,43	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,9	
Endrin Aldeído	nd	nd	nd	nd	nd	1,18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	12,20	nd	-	
Metolaclor	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,12	nd	nd	nd	nd	-	

	Alto curso	B. Rio Tijuco		B. Rio Araguari			Médio Curso					Baixo Curso						
	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	
	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	
Aldrin	5,12	Nd	0,16	nd	nd	0,18	nd	nd	nd	nd	0,06	nd	nd	8,14	12,12	6,56	nd	120
Gama-BHC	nd	nd	nd	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-
4,4-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,43	nd	nd	nd	nd	1,8
4,4-DDE	2,45*	0,12	nd	nd	nd	0,03	nd	0,220	nd	0,58	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,5
4,4-DDT	nd	nd	nd	0,59	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,4
Endosulfan I	1,22*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,026
Endrin Aldeído	nd	nd	1,30	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,25	1,33	nd	nd	nd	nd	nd	-
Heptaclo-ro Epoxi	nd	nd	nd	0,43*	nd	nd	nd	1,110*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
Metolaclor	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-

nd=não detectado; legenda, ver Tabela 1.

* Valores acima do limite permitido por legislação

** Concentrações máximas permitidas (CMP) para compostos com um potencial de envenenamento secundário em sedimentos (CROMMENTUIJN *et al.*, 2000)

lisados. De forma contrária, no médio curso do rio foram detectadas as menores concentrações.

Fauna

Nas seis amostras de 2,0g, com representantes de diversos grupos tróficos funcionais da entomofauna bentônica, não foram detectados organoclorados. Para descartar a hipótese de que a massa tenha sido insuficiente ou pouco representativa, optou-se por novas coletas somente dos predadores (pois, teoricamente, apresentariam maiores concentrações de organoclorados via biomagnificação) utilizando massa amostral de 10g. Novamente, nas seis amostras analisadas não foram detectados organoclorados.

DISCUSSÃO

Sedimentos

No Brasil não existe uma legislação que estabeleça concentrações limites de organoclorados no sedimento dos cursos de água. A despeito disso, sabe-se que monitorar os níveis de pesticidas em sedimentos torna-se de suma importância já que o sedimento é considerado o compartimento mais importante para o estudo do impacto das substâncias tóxicas persistentes (STP) no meio ambiente, pois é nele que estas apresentam os maiores tempos de residência (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Neste estudo, tomando como referência outros trabalhos realizados no Brasil, os dados apontam que as concentrações dos compostos Aldrin ($12,12 \mu\text{g.kg}^{-1}$), 4,4-DDE ($12,19 \mu\text{g.kg}^{-1}$) e Endrin Aldeído ($12,20 \mu\text{g.kg}^{-1}$) estão dentro dos valores observados por pesquisadores no país, como no trabalho de Torres *et al.*, 2002, que avaliando sedimentos de cursos de água do Rio de Janeiro, detectaram concentrações máximas de $0,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para Aldrin e de $20,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para 4,4DDE. Sousa *et al.* (2008) estudando mangues no estado do Rio de Janeiro encontraram valores máximos de Aldrin e 4,4-DDE de $4,23$ e $4,39 \mu\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente. Em contrapartida, comparando com resultados encontrados por Corbi *et al.*, (2006) no estado de São Paulo (Aldrin: $1787 \mu\text{g.kg}^{-1}$; 4,4-DDE: $22,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ e Endrin Aldeído: $82,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$) as concentrações obtidas foram relativamente baixas.

Para melhor entendimento do cenário ambiental da Bacia do Rio Uberabinha em relação à concentração de pesticidas no sedimento e avaliação da qualidade do mesmo, tomou-se como referência

as concentrações máximas permitidas (CMP) propostas por Crommentuijn *et al.*, (2000), em conjunto com o governo holandês, que estabeleceram critérios de avaliação de 150 substâncias orgânicas, incluindo alguns pesticidas, em solo, água e sedimento. A tabela 3 apresenta a CMP de alguns pesticidas em sedimento. A concentração máxima permissível é um risco limite deduzido a partir de informações toxicológicas e ecotoxicológicas existentes sobre os pesticidas (CUNHA, 2003).

Tomando como referência esses valores, evidencia-se que as concentrações de 4,4DDE e de Heptacloro Hepoxi estão acima do valor permitido nos cursos de água P1, P5, P18 e P19 para o primeiro composto e nos pontos 22 e 26 para Heptacloro Hepoxi.

O 4,4 DDE é um metabólito do DDT e é considerado a STP mais persistente em organismos vivos (BRESSA *et al.*, 1997) Já foram relatados efeitos de inibição da ligação do receptor andrógeno e testosterona, ocasionando, em ratos machos de laboratório, a manutenção de mamilos torácicos, atraso na separação do prepúcio e diminuição da vesícula seminal e próstata (D'AMATO *et al.*, 2002 & KELCE *et al.*, 1995)

Em relação à espécie humana, Romieu *et al.*, 2000 analisaram a relação entre o histórico de lactação, níveis plasmáticos de DDT e DDE e risco de câncer de mama, em um estudo conduzido entre mulheres residentes na Cidade do México entre 1990 e 1995. Foi evidenciado que a presença de níveis altos de DDE, principalmente entre mulheres pós-menopausa, pode aumentar os riscos de câncer de mama. Nas aves o DDE tem sido indicado como responsável pela deficiência na formação da casca dos ovos. Como consequência, as cascas são frágeis e não resistem até que ocorra a eclosão natural dos ovos. Esse efeito diminuiu drasticamente a população de águias, falcões e açores, na década de 80, no ecossistema mundial (SOLOMONS *et al.*, 1989 & TAN, 1994).

É importante destacar que a razão DDT/DDE pode ser usada como estimativa da entrada de DDT no ambiente ao longo do tempo. Com o passar dos anos, a partir da última data de aplicação do inseticida, a concentração de DDE tende a superar a de DDT, já que é um metabólito deste. Neste estudo, em todos os pontos, exceto no P22, não foi encontrado DDT, indicando que provavelmente este produto não está sendo mais aplicado, mas no passado foi muito utilizado visto as altas concentrações de 4,4 DDE.

O heptacloro é um inseticida considerado pela Environmental Protection Agency (EPA)

moderadamente tóxico (Classe 2), altamente persistente no meio e oxidado principalmente a Heptacloro Epóxido; este composto é frequentemente encontrado em níveis muito mais elevados no tecido adiposo (gordura) do que o heptacloro. A análise de regressão dos dados coletados pela EPA, entre 1969 e 1983 sobre resíduos de pesticidas em gordura humana resultou em uma associação significativa entre os níveis de heptacloro epóxido e diagnóstico de linfoma não-Hodgkin (OSHA). Além disso, pesquisas relacionam efeitos do Heptacloro Epoxi a danos ao sistema nervoso central e ao fígado em animais.

A contaminação por organoclorados em geral é visivelmente maior no alto curso da bacia, tanto nos córregos como no Rio Uberabinha, áreas em que extensas culturas (seringueira, eucalipto, soja, café, milho e horticultura) foram tratadas com organoclorados, conforme dados de Schneider (1996), ao analisar amostras de solos dessas culturas. As menores concentrações encontradas no médio curso devem-se à urbanização dessas áreas, nas quais a atividade agrícola não se desenvolveu prioritariamente, mas sim, o município de Uberlândia.

Da mesma forma, explicam-se as menores concentrações de organoclorados, a jusante no Rio Uberabinha, possivelmente pelo fato de que no baixo curso, em áreas próximas às margens do Rio, possivelmente pelo tipo de relevo o cultivo de produtos agrícolas não se deu plenamente, logo, o uso de pesticidas também não. O relevo nessa região é intensamente dissecado, onde a rede de drenagem principal se apresenta em vales encaixados no basalto. Possivelmente pela presença de material basáltico e cristalino (onde rochas mais resistentes à erosão mantêm os ressaltos topográficos) os solos não favorecerem a agricultura.

No entanto, nos córregos do baixo curso foram encontradas concentrações elevadas de clorados, possivelmente pelo fato de que essas áreas, mais distantes das margens do rio, permitem o plantio de cultivares por apresentarem relevo mais propício à agricultura.

Nesse contexto, a Bacia do Rio Uberabinha pode ser classificada como pouco impactada por contaminação por organoclorados de forma geral, mas fortemente impactada pelos compostos 4,4DDE e Heptacloro Epóxi, indicando, mais uma vez, a elevada persistência dos compostos organoclorados. Desse modo, a área de estudo é uma área prioritária para o monitoramento dos possíveis efeitos desses compostos no ambiente, uma vez que podem acarretar efeitos tóxicos na fauna aquática, além do potencial de biomagnificação. Outra medida impor-

tante seria investigar se tais compostos podem estar sendo utilizados indiscriminadamente sem a finalidade para a qual são permitidos, ou seja, conforme já mencionado, o uso restrito, com autorização do MMA. Soma-se a isso o fato dos possíveis efeitos na fauna aquática e também a possibilidade de que as águas desses mananciais também estejam contaminadas, especialmente nos pontos 1, 15, 18 e 19, que compõem o alto curso do Rio Uberabinha, responsável pelo abastecimento de cerca de 750.000 habitantes em Uberlândia, cidade mais populosa do Triângulo Mineiro.

Fauna

Uma vez que em outros organismos aquáticos, como peixes, mexilhões e caranguejos já foi relatado o evento de bioacumulação (MIRANDA, 2006; GUO *et al.*, 2008; VOLTA *et al.*, 2009; OZKOC *et al.*, 2007; MENONE *et al.*, 2000) é possível que ocorra também em insetos. Contudo, no presente estudo, não foram detectados organoclorados na fauna, possivelmente em decorrência das baixas concentrações de organoclorados encontradas nos sedimentos dos cursos de água nos quais foram feitas as coletas da fauna. Talvez em ambientes onde as concentrações de pesticidas sejam maiores no sedimento ocorra a bioacumulação na entomofauna bentônica. No entanto, para acatar essa hipótese seria importante analisar insetos coletados em ambientes altamente contaminados por pesticidas clorados, como os cursos de água estudados por Corbi *et al.*, 2006.

Ainda que não tenha sido evidenciada bioacumulação, não se pode afirmar a ausência de impactos (seja ao nível de indivíduo, populacional ou de comunidades) dos organoclorados sobre essa fauna, diretamente em contato com sedimentos contaminados. Efeitos crônicos e agudos são possibilidades, dada a exposição da fauna; para essa avaliação, estudos de toxicidade devem ser incentivados.

CONCLUSÕES

Nesse estudo detectou-se a presença de dez tipos de organoclorados nos sedimentos do rio Uberabinha e seus afluentes, sendo que 4,4 DDE e Heptacloro Hepóxi foram detectados em concentrações acima do permitido por legislação em seis pontos amostrais. Não foram detectados organoclorados na fauna analisada. No entanto, a ocorrência de efeitos agudos e crônicos, por exemplo, alterações na taxa

de mortalidade e no desenvolvimento das espécies, na taxa de eclosão de larvas, taxa de emergência dos adultos além de alterações morfológicas são hipóteses a serem testadas em estudos futuros.

Medidas de monitoramento devem ser incentivadas considerando os efeitos tóxicos desses compostos tanto para a fauna aquática como para o abastecimento público, já que o Rio Uberabinha e o Ribeirão Bom Jardim, ambos localizados em regiões de cabeceira, são fontes de abastecimento de água no Triângulo Mineiro e, embora haja tratamento das águas para o abastecimento, o sistema convencional não elimina resíduos de agrotóxicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pela concessão de bolsa de doutorado a R. M. G. Souto e à FAPEMIG (Proc. CRA - APQ-02033-10) pelo auxílio financeiro das análises de organoclorados; à Dra. Maria Olímpia de Oliveira Rezende e Dra. Maria Diva Landgraf pelo apoio com as análises de Organoclorados. Ao DMAE pelo auxílio na localização e acesso aos pontos de coleta e, finalmente, aos colaboradores Helena M. Guimarães, Walter Guimarães, Wesley Nazareth e Doca Mastroiano pelo importante apoio nas coletas da fauna.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.V.; CENTENO, A.J.; BISINOTI, M. C.; JARDIM, W.F. Substâncias Tóxicas Persistentes (STP) no Brasil, *Química Nova*, v. 30, n.8, p.1976-1985, 2007.
- BAIRD, C. *Química Ambiental* .2 ed. Porto Alegre: Bookman. 2002, 648p.
- BLOOMQUIST, JR. Intrinsic lethality of chloride-channel directed insecticides and convulsants in mammals, *Toxicolog. Letters*, v.60, p. 289-298, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 357. *Diário Oficial da União*, Brasília, 15 out. 1971. Sec. 1, p. 8318.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 329. *Diário Oficial da União*, 3 set 1985, Brasília, Sec. 1, p. 12941.
- BRESSA, G.; SISTI, E.; CIMA, F. PCBs and organochlorinated pesticides in eel (*Anguilla anguilla* L.) from the Po delta, *Marine Chemistry*, v.58, p. 261-266, 1997.
- CARRARO, G. *Agrotóxico e meio ambiente: uma proposta de ensino de Ciências e de Química*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1997, 95p.
- CORBI, J.J.; STRIXINO, S.T.; SANTOS, A. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (estado de São Paulo, Brasil), *Química Nova*, v. 29, n. 1, p.61-65, 2006
- CROMMENTUIJN, T.; SIJM, D.; BRUIJN, J. DE B.; LEEUWEN, K. V.; PLASSCHE, E.V. Maximum permissible and negligible concentrations for some organic substances and pesticides, *Journal of Environmental Management*, v.58, p. 297-312, 2000.
- CUNHA, M. L. F.; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil, 2003.
- D'AMATO, C.; TORRES, J. P.M.; MALM, O. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão, *Química Nova* [online], vol.25, n.6a, p. 995-1002, 2002.
- EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação dos solos-EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. *Boletim de pesquisa*, 1982, 1, 34.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1988, 575p.
- FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E.F. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha - Minas Gerais, *Sociedade & Natureza*, v.19, p.65-80, 2007.
- FLORES, A.V.; QUEIROZ, M. E. L.R.; NEVES, A.A.; GOULART, S. M. Extração e Análise de Organoclorados em Sedimentos do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG, *Analytica*, v. 3, n.13, p. 42-47, 2004.
- GUO, L.; QIU, Y.; ZHANG, G.; ZHENG, G.J.; LAM, P.K.S.; LI, X.D. Levels and bioaccumulation of organochlorine pesticides (OCPs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fishes from the Pearl River estuary and Daya Bay, South

China, *Environmental Pollution*, v.152, n.3, p. 604-611, 2008.

JONES, K.C.; DE VOOGT, P. Persistent organic pollutants (POPs): state of the Science, *Environmental Pollution*, v. 100, p.209-221,1999.

KAVLOCK, W. Research needs for the risk assessment of health and environmental effects of endocrine disruptors, *Environmental Health Perspectives*, v. 104, n.4, p.715-740, 1996.

KELSE, W.R.; STONE, C.R.; LAWS, S.C.; GRAY, L.E.; KEMPPAINEN, J.A.; WILSON, E.M. Persistent DDT metabolite p,p'-DDE is a potent androgen receptor antagonist, *Nature*, v.375, p. 581-585, 1995.

LARA, W.H.; BATISTA, G.C. Pesticidas, *Química Nova*, v.15, n.2, p.161-166, 1992.

LIBES, S. *An introduction to marine biogeochemistry*. 2 ed. New York: John Wiley and Sons, 1992, 734p.

MENONE, M.L.; BORTOLUS, A.; BOTTO, F.; AIZPÚN DE MORENO J.E.; MORENO, V.J.; IRIBARNE, O.; METCALFE, T.L.; METCALFE, C.D. Organochlorine contaminants in a coastal lagoon in Argentina: Analysis of sediments, crabs and cordgrass from two different habitats, *Estuaries*, v.23, p 583-593, 2000.

MIRANDA, A.L.C. *Bioacumulação de poluentes organopersistentes (POPSs) em traíra (Hoplias malabaricus) e seus efeitos in vitro em células do sistema imune de carpa (Cyprinus carpio)*. 2006. 57f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 2006.

MONTEIRO, A.F.; NOGUEIRA, D.P. (Coord.). *Meio Ambiente e Câncer*. Sao Paulo: T. A. Queiroz / CNPq. 1983, p.63.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. *Manual de identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books. 2010, 176p.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. *Revista Sociedade & Natureza*, v.1, n.1, p.9-16, 1989.

OZKOC, H.B.; BAKAN, G.; ARIMAN, S. Distribution and bioaccumulation of organochlorine pesticides along the Black Sea coast, *Environ Geochem Health*, v. 29, n.1, p. 59-68, 2007.

SCHNEIDER, M. de O. *Bacia do rio Uberabinha: uso agrícola do Solo e Meio Ambiente*. 1996. 157f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 1996.

SOLOMONS, T.W.G. *Química orgânica* 2. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1989, p. 354 - 496.

SOUZA, A.S. DE S.; TORRES, J.P.M.; MEIRE, R.O.; NEVES, R.C.; COURI, S.C.; SEREJO, C.S. Organochlorine pesticides (OCs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments and crabs (*Chasmagnathus granulata*, Dana, 1851) from mangroves of Guanabara Bay, Rio de Janeiro State, Brazil, *Chemosphere*, 73, p.186-192, 2008.

SUÑOL, C.; VALE, C.; RODRIGUEZ-FARRE, E. Polychlorocycloalkane insecticide action on GABA- and glycine-dependent chloride flux, *Neurotoxicology*, v.19, n.4-5, p.573-580, 1998.

TAN, K.H. *Environmental soil science*. New York: United States of America. 1994, 557 p.

TORRES, J.P.M.; MALM, O.; VIEIRA, E.D.R.; JAPENGA, J.; KOOPMANS, G.F. Organic micropollutants on river sediments from Rio de Janeiro, Southeast Brazil, *Caderno de Saúde Pública*, v. 18, n. 2, p. 477-488, 2002.

VIVES, I., GRIMALT, J.O., VENTURA, M., CATALAN, J., ROSSELAND, B.O. Age dependence of the accumulation of organochlorine pollutants in brown trout (*Salmo trutta*) from a remote high mountain lake (Redó, Pyrenees), *Environmental Pollution*, v. 133, p. 343-350, 2005.

VOLTA, P.; TREMOLADA, P.; NERI, M.C.; GIUSSANI, G.; GALASSI, S. Age-dependent bioaccumulation of organochlorine compounds in fish and their selectivebiotransformation in top predators from Lake Maggiore (Italy), *Water Air Soil Pollut*, v. 197, p. 193-209, 2009.

Environmental Diagnosis Of Organochlorine Compounds In Sediment And Benthic Invertebrates Of Triangulo Mineiro Watersheds, Minas Gerais, Brazil

ABSTRACT

This study aimed to assess the levels of organochlorine compounds in sediments of 35 watercourses belonging to the Uberabinha, Araguari and Tijuco watersheds. Samples of benthic invertebrates collected in streams that showed higher concentrations of organochlorines were analyzed. Among the nineteen compounds analyzed, ten were detected in watercourses. The bioaccumulation of organochlorines was not evident in the fauna. However, this does not exclude other possible impacts of these compounds on the fauna. Monitoring measures must be encouraged since sediment is one of the most important compartments in the context of the cycling of matter and energy flow.

Key-words: *bioaccumulation, predators, and pollution.*