

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE METAIS E ORGANOCLORADOS EM CÓRREGOS ADJACENTES A ÁREAS DE CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR (ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL)

Juliano José Corbi* e **Susana Trivinho Strixino**

Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos, CP 676, 13560-970 São Carlos - SP

Ademir do Santos

Departamento de Química Analítica, Instituto de Química de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, CP 355, 14800-970 Araraquara - SP.

Marcelo Del Grande

Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, CP 780, 13560-970 São Carlos - SP

Recebido em 13/12/04; aceito em 27/4/05; publicado na web em 2/8/05

ENVIRONMENTAL DIAGNOSTIC OF METALS AND ORGANOCHLORINATED COMPOUNDS IN STREAMS NEAR SUGAR CANE PLANTATIONS ACTIVITY (SÃO PAULO STATE, BRAZIL). Sugar cane cultivation in the State of São Paulo has expanded in the last years, with an annual production of $200 \cdot 10^6$ t in an area of $2.5 \cdot 10^6$ hectares. The use of herbicides, pesticides and fertilizers in sugar cane plantations, together with deforestation of riparian vegetation, have caused impacts on the hydric resources of the adjacent areas. The aim of this work is to evaluate the influence of sugar cane plantations on streams in the central region of the State of São Paulo, studying 16 organochlorinated compounds and 7 metals (Cu, Fe, Cd, Zn, Mn, Cr and Ni) found in the sediments of 11 streams. The results show that there is a higher concentration of metals and organochlorinated compounds in streams without riparian vegetation when compared to forested areas.

Keywords: sugar cane cultivation; heavy metals; organochlorinated compounds.

INTRODUÇÃO

Por ser uma componente fundamental à existência da vida no planeta, a preocupação com a conservação da qualidade da água e dos seus mananciais tornou-se maior nos últimos anos e a procura de mecanismos eficazes capazes de reduzir os impactos ambientais nesses sistemas tem sido considerada com uma das prioridades de pesquisa desse século¹.

No estado de São Paulo, a cultura de cana-de-açúcar tem se expandido significativamente nos últimos anos, sendo este o maior produtor nacional, com uma produção anual de $200 \cdot 10^6$ t em uma área de $2,5 \cdot 10^6$ ha. A aplicação e o uso de herbicidas, pesticidas e fertilizantes durante os diferentes estágios de cultivo da cana-de-açúcar, aliados ao problema da devastação das matas ciliares, tem acarretado em diferentes graus, impactos sobre os recursos hídricos das áreas adjacentes a essas plantações, sobretudo através do processo de lixiviação do solo de áreas cultivadas com adubos químicos e defensivos agrícolas²⁻⁴.

Apesar do benefício decorrente da utilização de herbicidas, pesticidas e fertilizantes para o aumento na produtividade agrícola, o problema de intoxicações por defensivos tem preocupado as autoridades, sobretudo pelo fato de que estas ocorrem pela ingestão gradual desses produtos que contaminam a água, o solo e os alimentos⁵. Estes produtos agrícolas podem sofrer processos de bioacumulação em diferentes níveis tróficos, como por ex., acumulando-se na gordura de peixes e crustáceos ou ainda em aves e outros animais terrestres, como no leite das vacas que utilizam a água de córregos e rios contaminados⁶⁻¹⁰ e, principalmente, em organismos do topo da cadeia trófica na qual o homem está inserido¹¹.

A região central do estado de São Paulo, que abrange municípios de médio e pequeno porte como São Carlos, Araraquara, Ribeirão Bonito, Ibaté, Dourado e Américo Brasiliense, apresenta este problema, uma vez que se localiza em uma área fortemente marcada pela atividade canavieira, que vem se desenvolvendo de forma rápida e pouco planejada. Esta situação tem ocasionado impactos sobre os recursos hídricos das áreas adjacentes, na forma de impactos difusos desse setor agrícola. Tendo em vista esta atividade agrícola e no intuito de reunir informações a respeito das conseqüências ambientais do cultivo da cana-de-açúcar, no presente estudo foi analisada a presença de organoclorados e de metais em córregos da região. Pretende-se avaliar o grau de impacto do cultivo de cana-de-açúcar nos córregos adjacentes às áreas de cultivo desse vegetal. Foram analisados 16 organoclorados e 7 metais (Cu, Fe, Cd, Zn, Mn, Cr e Ni) presentes nos sedimentos de 11 córregos situados em três áreas sob diferentes usos da terra: I - córregos com mata ciliar preservada; II - córregos com pastagem e sem mata ciliar; III - córregos com cana-de-açúcar e sem mata ciliar.

A escolha do sedimento como meio de investigação deve-se ao fato deste desempenhar o papel mais importante no esquema de poluição de sistemas de rios e córregos por metais e compostos organoclorados, uma vez que o sedimento reflete a qualidade corrente do sistema aquático e pode ser usado para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais¹². Além disso, de acordo com Margalef³, o sedimento pode ser considerado como o compartimento resultante da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático.

LOCAL DE ESTUDO

Os córregos analisados fazem parte da bacia hidrográfica do

*e-mail: pjcorbi@iris.ufscar.br

Rio Jacaré-Guaçu (Tabela 1). Todos os córregos são de 1ª ordem, exceto o córrego do Chibarro que é de 2ª, e apresentam pequena profundidade (<1,5 m), pequena largura (<2 m) e baixa velocidade da água (<3 m/s).

PARTE EXPERIMENTAL

Amostragem e material utilizado

As amostras de sedimento foram coletadas nos 11 córregos entre os meses de março e junho de 2003, período em que ocorre a etapa de corte da cana-de-açúcar. Toda vidraria utilizada nas coletas foi previamente lavada com água de torneira, posteriormente com solução de ácido nítrico a 15% e quatro vezes com água deionizada.

As amostras de sedimento para a análise de metais biodisponíveis (cádmio, cobre, zinco, crômio, manganês, níquel e ferro) foram coletadas manualmente em cada córrego, a uma profundidade variando de 0,5 a 1 m, acondicionadas em frascos de vidro de 200 mL e mantidas à temperatura ambiente até a chegada ao laboratório, onde foram secas em estufa a 50 °C, trituradas em almofariz de porcelana, peneiradas em peneiras plásticas e estocadas em vidro, seguindo metodologia descrita por Santos⁶. As amostras de sedimento para análises de metais totais (cádmio, zinco, crômio, níquel, manganês e ferro) foram coletadas seguindo a mesma metodologia para os metais biodisponíveis.

O sedimento para análise de resíduos de organoclorados foi coletado com auxílio de uma draga tipo Eckman em cada córrego a uma profundidade variando de 0,5 a 1 m. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro do tipo âmbar, com tampa de teflon, revestida com alumínio com capacidade para 200 g, e colocadas no gelo (aproximadamente 4 °C) até a chegada no laboratório¹³.

Extração e análise

Para extração de organoclorados no sedimento foi utilizada a técnica Soxhlet. Foram adicionados a 10 g de sedimento *in natura* 150 mL de hexano, permanecendo a mistura em processo de extração por 8 h. Em seguida o extrato foi evaporado em um rotaevaporador até redução do volume para 1 mL, conforme método descrito por Del Grande¹⁰. As análises foram determinadas em triplicatas por cromatografia gasosa com detector de captura de GC/ECD.

A extração de metais biodisponíveis (Cd, Cu, Zn, Fe, Mn, Cr e Ni) seguiu a metodologia descrita por DePaula e Mozeto¹⁴. Aproximadamente 2,5 g de sedimento seco foram colocados em um frasco de 100 mL com tampa rosqueável e adicionaram-se 50,0

mL de solução de ácido clorídrico 0,10 mol L⁻¹. A mistura foi mantida por 2 h em mesa agitadora de movimento circular horizontal com rotação de 200 rpm. Após o repouso para decantação do material sólido, filtrou-se em papel Whatman 42, transferiu-se o filtrado para frasco de vidro e estocou-se a 4° C. Os extratos foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica convencional.

A extração para determinação de metais totais (Cd, Zn, Fe, Mn, Cr e Ni) seguiu a metodologia descrita por Santos⁶. Transferiu-se 1,0 g de sedimento para tubos de digestão, adicionou-se uma solução concentrada de 10 mL de HNO₃ e 5 mL de HClO₄. Após 2 h de aquecimento a 150 °C retirou-se o tubo do aparelho digestor e depois de breve resfriamento adicionou-se 5 mL de H₂O₂ a 30%. Após a digestão completa da matéria orgânica (extrato límpido), os extratos foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica convencional.

Análise estatística

Para se verificar a significância dos dados obtidos nesse estudo, foi aplicado um teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis (ANOVA). O teste foi aplicado para os valores obtidos de metais potencialmente biodisponíveis no sedimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Metais totais e potencialmente biodisponíveis

Os metais são considerados como um dos contaminantes mais comuns nas águas e sua origem pode ser natural ou antrópica¹⁵. A origem antrópica dos metais pode vir através dos efluentes industriais e, de maneira especial, das áreas agrícolas através do processo de lixiviação do solo.

As concentrações de metais nos sedimentos dos córregos analisados apresentaram diferenças de acordo com o uso da terra nas áreas adjacentes (cana, mata ou pasto). O cádmio na fração potencialmente biodisponível não foi detectado em nenhum dos córregos analisados, porém, na forma total esteve presente em concentrações bem mais elevadas nos córregos situados em áreas abertas (sem mata ciliar) com cultivo de cana-de-açúcar e pasto. O Cd é um metal pesado que ocorre na natureza geralmente associado a outros metais como o zinco e o chumbo, e sua extração, produção e aplicação na indústria e na agricultura vem aumentando nos últimos anos. A poluição ambiental pelo metal é preocupante uma vez que, menos de 5% é reciclado¹⁶. Além disso, estudos têm demonstrado que este metal em altas concentra-

Tabela 1. Localização dos córregos e informações sobre o uso da terra

| Código | Córrego | Tributário | Município | Uso da terra | Localização geográfica |
|--------|-------------|--------------|--------------------|------------------|------------------------|
| C1 | São João | Jacaré-Guaçu | Guarapiranga | Cana-de-açúcar | 21°57'(S) 48°15'(W) |
| C2 | Água Sumida | Jacaré-Guaçu | Araraquara | Cana-de-açúcar | 21°56'(S) 48°16'(W) |
| C3 | Ouro | Jacaré-Guaçu | Araraquara | Cana-de-açúcar | 21°47'(S) 48°0,7'(W) |
| C4 | Chibarro | Jacaré-Guaçu | Araraquara e Ibaté | Cana-de-açúcar | 21°52'(S) 48°0,5'(W) |
| C5 | Bela Vista | Jacaré-Guaçu | Araraquara | Cana-de-açúcar | 21°54'(S) 48°13'(W) |
| C6 | Água Preta | Jacaré-Guaçu | Ribeirão Bonito | Área de pastagem | 22°00'(S) 48°12'(W) |
| C7 | Andes | Jacaré-Guaçu | Araraquara | Área de pastagem | 21°55'(S) 48°11'(W) |
| C8 | Fazzari | Jacaré-Guaçu | São Carlos | Mata ciliar | 21°59'(S) 47°54'(W) |
| C9 | São Vicente | Jacaré-Guaçu | Guarapiranga | Mata ciliar* | 21°59'(S) 48°15'(W) |
| C10 | Espraiado | Jacaré-Guaçu | São Carlos | Mata ciliar | 21°53'(S) 47°52'(W) |
| C11 | Monjolinho | Jacaré-Guaçu | São Carlos | Mata ciliar | 22°00'(S) 47°50'(W) |

* - mata ciliar parcialmente impactada

ções no meio aquático pode acarretar a morte de algumas espécies de insetos¹⁶.

Cobre e zinco apresentaram valores característicos para cada situação de uso da terra, com maiores concentrações nos córregos situados nas áreas de cana-de-açúcar. As elevadas concentrações destes metais estão em concordância com observações de outros pesquisadores^{15,17}. A contaminação por Cu pode ter origem nos esgotos domésticos e industriais ou por lixiviação de produtos agrícolas através das chuvas¹⁵. Por outro lado, os altos valores de Zn nessas áreas podem estar relacionados à atividade de queima da cana, que é comum nessa época do ano¹⁸. Como todos os córregos analisados estão localizados na mesma bacia hidrográfica e assentados em terrenos geologicamente similares, os valores mais elevados destes metais nos sedimentos dos córregos relacionados com o plantio da cana-de-açúcar parecem confirmar a influência dessa atividade agrícola sobre o em torno, embora a retirada da mata ciliar e a conseqüente lixiviação do solo não devam ser ignoradas. Os valores menores de Cu e Zn nos sedimentos dos córregos protegidos por mata ciliar concordam com resultados obtidos por Santos⁶ e Lima¹⁹, respectivamente para o Ribeirão das Anhumas e para o Córrego do Cafundó (Estação Ecológica de Jataí), ambos situados em áreas com mata ciliar. Os córregos situados em áreas de pastagem apresentaram valores intermediários dos metais Cu e Zn. Apesar desses córregos não apresentarem nenhum tipo de atividade agrícola no em torno, a ausência total da mata ciliar propiciou de alguma forma a entrada dos metais e, possivelmente, de outros compostos para as águas dos córregos.

Crômio e níquel estiveram presentes no sedimento da maioria dos córregos, porém em pequenas concentrações, principalmente nas frações biodisponíveis. O crômio raramente é encontrado nas águas naturais, contudo pode ocorrer como contaminante das águas sujeitas à poluição de despejos de curtumes, de indústrias, de circulação de águas de refrigeração, onde é usado para controle da corrosão^{20,21}. O níquel é um elemento relativamente raro e corresponde a apenas 0,01% da massa da crosta terrestre. É utilizado principalmente na fabricação de aços especiais e, também, como catalisador nas indústrias química, farmacêutica e alimentícia²¹. O ferro, inversamente ao crômio e ao níquel, apresentou-se em elevadas concentrações em todos os córregos e, também, com teores maiores nas áreas abertas (sem mata ciliar). Este fato está relacionado com o tipo de solo existente na região¹⁷, que é rico neste metal. Esses resultados apontam para a grande importância da preservação das matas ciliares no processo de filtragem e barragem de produtos lixiviados advindos de áreas com atividade agrícola.

O teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis (ANOVA) aplicado sobre os valores detectados para os metais na fração potencialmente biodisponível evidenciou diferenças significativas para os metais Cu e Zn ($P < 0,05$) entre os córregos situados em áreas de cana-de-açúcar e mata ciliar. O metal Fe apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os córregos situados em áreas de pastagem e mata ciliar. Os demais metais - Mn, Cr, e Ni - não apresentaram diferenças significativas. A média dos valores destes metais (fração biodisponível e total) obtidos para as três diferentes situações de uso da terra (cana, pasto e mata) são apresentadas respectivamente nas Figuras 1 e 2.

Em virtude da inexistência de padrões pré-estabelecidos para as concentrações de metais no sedimento aquático, os valores obtidos nesse estudo foram comparados com outros trabalhos, em diferentes situações de uso da terra (Tabela 2).

Organoclorados

Os organoclorados estão sujeitos à degradação no meio ambi-

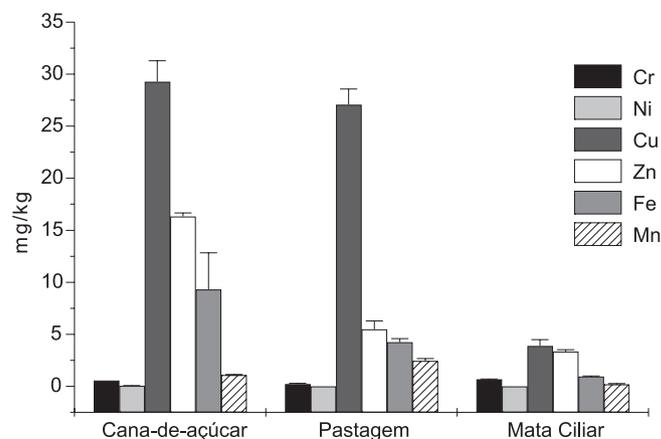


Figura 1. Valores médios e desvio-padrão das concentrações de metais biodisponíveis (Cu, Zn, Fe, Mn, Cr) obtidos para os diferentes usos da terra. Os valores de Fe estão divididos por 1000 e os valores de Mn, por 100. O metal Cd não foi detectado. O Ni foi detectado em apenas uma amostra

ente, e suas concentrações variam muito dependendo do composto, de suas características e das condições ambientais. Esta classe de agrotóxicos foi, no passado, um grupo de compostos muito populares e utilizados principalmente como inseticidas, fungicidas para proteção de sementes e herbicidas¹⁹. Muitos destes compostos têm resistido à degradação ambiental por décadas e tendem a aparecer repentinamente no ambiente, tais como Aldrin e DDT¹⁸. Apesar do uso de alguns destes compostos ser proibido por lei, muitos são vendidos clandestinamente¹⁹.

Os níveis de concentração dos organoclorados nas amostras de sedimento dos córregos variaram de 0 a 1787 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$. Os compostos presentes foram detectados em diferentes proporções e concentrações, porém os córregos situados em áreas adjacentes à atividade de canavieira apresentaram as maiores ocorrências e maiores concentrações dos compostos analisados (Tabela 3).

O Aldrin esteve presente no sedimento de todos os córregos e em altas concentrações. Os valores variaram de 7,14 no córrego Andes (pastagem) até 1787 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ no córrego do Ouro (cana-de-açúcar). No entanto, os maiores valores e ocorrências foram observados nos córregos situados em áreas adjacentes ao cultivo de cana-de-açúcar. O composto Aldrin é um inseticida de classe toxicológica I (altamente tóxico) e com alta persistência no ambiente. Foi um composto muito utilizado na agricultura para o

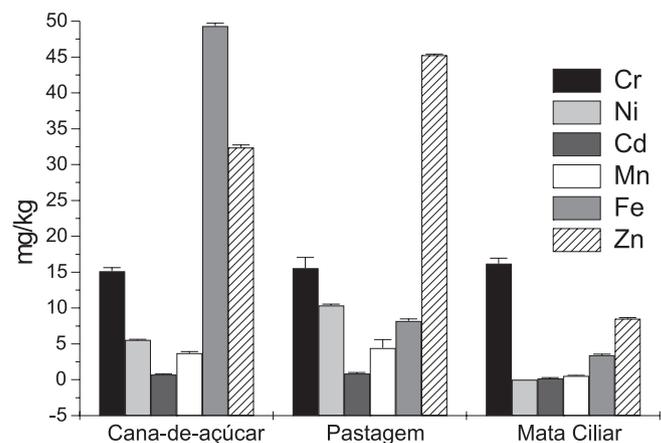


Figura 2. Valores médios e desvio-padrão das concentrações de metais totais (Cd, Zn, Fe, Mn, Cr e Ni) obtidos para os diferentes usos da terra. Os valores de Fe estão divididos por 1000 e os valores de Mn, por 100. O Ni foi detectado em apenas duas amostras

Tabela 2. Concentração de metais biodisponíveis (mg/kg de sedimento seco) presente no sedimento de córregos do estado de São Paulo

| Local | Ref. | Cu | Zn | Fe | Cd | Cr |
|-------------------------|-----------------|-------|-------|------|------|------|
| Córrego Cafundó | 22 | 4,66 | 6,15 | * | 0,08 | nd |
| Córrego Boa Sorte | 22 | 2,2 | 3 | * | nd | 0,44 |
| Córrego Jataí | 22 | 6,65 | 7,15 | * | 0,05 | 1,06 |
| Ribeirão Anhumas | 6 | 16,78 | * | * | 0,41 | 0,93 |
| Represa de Barra Bonita | 23 | 5,2 | 10,7 | * | nd | 2,4 |
| Represa Billings | 23 | 62 | 444 | * | 1,7 | 25 |
| Rio Jacaré Guaçu | 15 | 2 | 3,49 | 1000 | nd | nd |
| Rio Monjolinho | 15 | 8,86 | 5,46 | 850 | nd | nd |
| Córrego São João | Presente estudo | 7,3 | 10,9 | 4979 | nd | nd |
| Córrego Água Sumida | Presente estudo | 53,55 | 51,85 | 3958 | nd | * |
| Córrego Ouro | Presente estudo | 35,05 | 18 | 1606 | nd | 2,11 |
| Córrego Chibarro | Presente estudo | 32 | 13,25 | 7647 | nd | 0,71 |
| Córrego Bela Vista | Presente estudo | 25,6 | 13,3 | * | nd | * |
| Córrego Água Preta | Presente estudo | <LD | 4,4 | 2531 | nd | 0,38 |
| Córrego Andes | Presente estudo | 56,25 | 29,5 | * | nd | 0,16 |
| Córrego Fazzari | Presente estudo | 7,6 | 6,75 | 1655 | nd | * |
| Córrego São Vicente | Presente estudo | 2 | 5,35 | 2141 | nd | 0,67 |
| Córrego Espreado | Presente estudo | 4,45 | 3,95 | * | nd | 2,1 |
| Córrego Monjolinho | Presente estudo | 3,15 | 11,05 | * | nd | nd |

Ref. 22 ambientes com mata ciliar; ref. 6 mata ciliar; ref. 23 ambientes com impacto antrópico; ref. 15 ambientes com impactos da agricultura e impactos urbanos. *(não analisado), nd (não detectado)

controle de pragas e cupins, lagartas e formigas cortadeiras. A presença de Aldrin no sedimento dos córregos com mata ciliar deve-se provavelmente ao fato da sua alta persistência no ambiente, e, provável carreamento para dentro da água, através do processo de lixiviação do solo, uma vez que este composto tem sido amplamente reportado por muitos outros pesquisadores em sedimentos de córregos e lagos¹⁵ além do solo e água⁵ demonstrando que esse composto parece ser muito comum nos corpos d'água na região.

Os resultados obtidos para o composto BHC (alfa, beta e delta) evidenciaram que os córregos com atividade canavieira no entorno apresentam maiores quantidades e ocorrências desses compostos. Os valores variaram de 1,75 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ de alfa BHC no córrego Chibarro (cana-de-açúcar) até 93,8 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ de delta BHC para o mesmo córrego (Tabela 3). As amostras A6 e A7 (áreas de pastagem) apresentaram valores baixos e com pouca ocorrência. Entretanto, as únicas amostras que estiveram isentas do composto BHC foram às amostras A8 e A9 que são respectivamente os córregos Fazzari e São Vicente, ambos situados em áreas com proteção das matas ciliares ou ao menos mata ciliar parcialmente impactada.

O composto Endrin, que pertence à classe toxicologia I (altamente tóxico), é um inseticida com uso freqüente nas culturas de cana-de-açúcar, algodão, milho e soja e que possui efeitos tóxicos similares ao do Aldrin e Dieldrin¹⁵. Este composto apresentou valores que variaram entre 1,16 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ e 31,7 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ e foi detectado em todos os córregos com atividade canavieira no entorno. Embora os resultados demonstrem a forte ligação do Endrin à presença do cultivo da cana-de-açúcar nos córregos estudados, a sua detecção na amostra 9 (Córrego São Vicente, com mata ciliar parcialmente impactada) provavelmente esteja ligada às atividades agrícolas nas áreas mais altas, após a mata ciliar, que na maioria das vezes em nossa região, e especialmente nesse córrego,

são atividades canavieiras, e deixa claro o problema da desta atividade agrícola e conseqüente e freqüente supressão das matas ciliares para aumento dessa atividade. Os dados obtidos para o composto Dieldrin, um inseticida com efeitos toxicológicos fortes, confirmam os fatos mencionados anteriormente e, apesar de ter sido detectado em três córregos com atividade canavieira, apresentou a maior concentração na amostra 9, Córrego São Vicente.

Os organoclorados Endosulfan I e II, juntamente com Diclorodifeniletano (DDT) e seus análogos (DDD, DDE) estiveram presentes de modo diferenciado nos córregos e em baixas concentrações. O Endosulfan Sulfato, principal metabólito do Endosulfan I e II, esteve presente em todos os córregos com altas concentrações e em maiores quantidades que os isômeros I e II. Esse fato pode ser esperado uma vez que os xenobióticos ao adentrarem no ecossistema aquático sofrem vários processos físicos, químicos e biológicos, e ao longo desses processos pode ocorrer degradação do composto citado na qual poderia formar o composto Endosulfan Sulfato. O Endosulfan é um inseticida-acaricida muito utilizado nas culturas de soja, algodão e café, altamente tóxico ao meio ambiente^{10,15}.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciam o grande problema da devastação das matas ciliares, que tem acarretado diferentes tipos de impacto nos recursos hídricos da região central do estado de São Paulo. As maiores concentrações e freqüência de ocorrência de metais e organoclorados nesses sistemas tornam evidente a necessidade, em curto prazo, de um manejo adequado dos recursos hídricos da região, envolvendo a participação dos diferentes setores da sociedade, com o intuito

Tabela 3. Concentração de compostos organoclorados no sedimento dos córregos. Os valores estão apresentados em µg/kg

| Compostos/Amostras | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 |
|----------------------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| Alfa BHC | nd | nd | 16,4 | 1,75 | 7,71 | nd | nd | nd | nd | 2,24 | 2,8 |
| Beta BHC | 8,3 | 9,03 | 7,15 | 12,9 | 17,4 | nd | 6,9 | nd | nd | 5,4 | nd |
| Delta BHC | nd | 12,2 | 8,7 | 93,8 | 12,9 | 16,9 | nd | nd | nd | nd | 4,2 |
| Heptadoro | nd | 15,5 | 20,8 | 24,9 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 6,57 |
| Aldrin | 49,7 | 277,3 | 1787 | 95,4 | 51,99 | 7,14 | 77,3 | 22,7 | 34,9 | 123,8 | 106 |
| Epóxido de Heptadoro | nd | 4,86 | 0,876 | 13,1 | 0,7 | 2,38 | 0,41 | 0,67 | nd | nd | 31,9 |
| Endosulfan I | nd | nd | 3,39 | 4,93 | nd | nd | nd | nd | 27,4 | nd | nd |
| 4,4 DDE | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 22,9 | nd | nd | nd | nd |
| Dieldrin | 5,8 | 0,203 | 1,74 | nd | nd | nd | 3,56 | 1,34 | 12,8 | nd | 1,21 |
| Endrin | 10,1 | 1,83 | 1,164 | 5,48 | 8,77 | nd | nd | nd | 31,7 | nd | nd |
| 4,4 DDD | nd | nd | nd | nd | 4,05 | 7,05 | 5,3 | 3,41 | nd | 0,53 | 0,846 |
| Endosulfan II | nd | 1,92 | 7,52 | 12,8 | 2,48 | nd | 3,1 | 2,15 | 74,8 | nd | nd |
| 4,4 DDT | nd | 0,97 | nd | nd | 3,35 | nd | 23,4 | 1,85 | 110 | nd | nd |
| Endrin Aldeído | nd | 57,7 | nd | 45,6 | 82,3 | nd | 8,51 | nd | nd | nd | nd |
| Endosulfan Sulfato | 64,6 | 12,2 | 31 | 14,9 | 6,06 | 10,97 | 45,6 | 144,1 | 98,7 | nd | 23,2 |

nd=não detectado; legenda, ver Tabela 1.

de garantir uma boa qualidade da água para as futuras gerações. Além disso, esse estudo aponta para a necessidade da elaboração de um sistema que utilize o sedimento como parte importante nos estudos de avaliação ambiental, uma vez que inúmeros organismos aquáticos, como macroinvertebrados bentônicos, se utilizam deste compartimento aquático como local de sobrevivência e alimentação. Do mesmo modo, torna-se necessário o estabelecimento de uma resolução que indique padrões mínimos e máximos de concentrações de pesticidas e metais no sedimento de ambientes aquáticos.

AGRADECIMENTOS

Aos fazendeiros da região que permitiram livre acesso nas suas propriedades para coletas de sedimento dos córregos. Ao Dr. P. P. Corbi pelas críticas e sugestões ao trabalho e à M. Sc. V. Colombo-Corbi pela revisão final do texto.

REFERÊNCIAS

- Negreiros, S.; *Saneamento Ambiental* **1997**, 46, 30.
- Esteves, F. A.; *Fundamentos de Limnologia*, Interciência: Rio de Janeiro, 1988.
- Margalef, R.; *Limnologia*, Omega ed.: Barcelona, 1983.
- Nery, M. S.; *Dissertação de Mestrado*, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Brasil, 2000.
- Rissato, S. R.; Libânio, M.; Gialferis, G. P.; Gerenutti, M.; *Quim. Nova* **2004**, 27, 739.
- Santos, A.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 1999.
- Siqueira, G. W.; Braga, E. S.; *Ecotoxicologia perspectivas para o século XXI*, Rima ed.: São Carlos, 2000, p. 241.
- Aguiar, L. H. de.; Corrêa, C. F.; Moraes, G.; Em ref. 7, p. 269.
- Oliveira, R. M. S.; Tornisiolo, V. L.; *VI Encontro de Ecotoxicologia*, Piracicaba, Brasil, 2000.
- Del Grande, M.; Rezende, M. O. O.; *Quim. Nova*, **2003**, 26, 678.
- Odum, E. P.; *Ecologia*, Ed. Guanabara: Rio de Janeiro, 1988.
- Förstner, U.; Wittmann, G. T. W.; *Metal pollution in the aquatic environment*. 2nd recisid ed., 1983.
- Mudrock, A.; Macknigh, S.; *Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling*, CRC: Boca Raton, 1991.
- DePaula, F. C. F.; Mozeto, A. A.; *Appl. Geochem*, **2001**, 16, 1139.
- Peláez-Rodríguez, M.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2001.
- Massabni, A. C.; Melnikov, P.; Cuin, A.; Corbi, P. P.; Corbi, J. J.; *Jornal de Bioquímica Médica* **2002**, 11, 5.
- Barreto, A. dos S.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 1999.
- Ziulli, R. L.; Barreto, A. S.; Jardim, W. F.; *18ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química e 7º Encontro Brasileiro de Fotoquímica e Fotobiologia*, Caxambu, Brasil, 1995.
- Brondi, S. H. G.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2000.
- Batalha, B. L.; Parlatore, A. C.; *Controle da qualidade da água para consumo humano*. CETESB: São Paulo, 1993.
- Canto, E. L.; *Minerais, Minérios e metais: de onde vem para onde vão?*, Ed. Moderna, São Paulo, 1997.
- Lima, N. R. W.; *Acta Limnol. Bras.* **1990**, 3, 1001.
- Silveiro, P. F.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2000.