

AVALIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE PLANTAS *AVICENNIA SCHAUERIANA*, *LAGUNCULARIA RACEMOSA* E *RHIZOPHORA MANGLE* COMO BIOINDICADORAS DE POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS EM AMBIENTES DE MANGUES

ASSESSMENT OF *AVICENNIA SCHAUERIANA*, *LAGUNCULARIA RACEMOSA* E *RHIZOPHORA MANGLE*
PLANT SPECIES AS BIOINDICATOR OF HEAVY METAL POLLUTION
IN MANGROVE ENVIRONMENTS

MIRIAM GONÇALVES MARTINS RAMOS

Bióloga. Mestre em Saúde Coletiva pela Universidade Católica de Santos

LUIZ PAULO GERALDO

Professor do Programa de Mestrado em Saúde Coletiva da Universidade Católica de Santo. Doutor em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares /Universidade de São Paulo

Recebido: 23/11/06 Aceito: 09/11/07

RESUMO

Neste trabalho, investigou-se o nível de contaminação por Cd, Cr, Cu, Pb e Zn, nos ambientes de mangues próximos ao Rio Cubatão, utilizando como bioindicador as espécies de plantas *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*. As amostras de folhas destas plantas foram coletadas em quatro pontos de amostragem situados fora da área povoada da cidade de Cubatão. O conteúdo de metais pesados nas folhas foi determinado utilizando a técnica de Espectrometria por Absorção Atômica (FAAS). Os resultados obtidos indicam uma contaminação por cádmio e cromo em diversas amostras analisadas neste trabalho. De uma forma geral, as três espécies de plantas apresentaram resultados muito similares tanto no teor como na ordem em que bioacumulam os metais estudados: Zn > Pb > Cr > Cu > Cd. Desta forma, em princípio, qualquer uma delas poderia ser utilizada como bioindicador de poluição ambiental por metais pesados naquela região.

PALAVRAS-CHAVES: Metais pesados, plantas de mangue, espectrometria por absorção atômica, meio ambiente, Rio Cubatão.

ABSTRACT

In this work, the contamination level by Cd, Cr, Cu, Pb and Zn in mangrove environments near the Cubatão River has been investigated using as bioindicator the plant species A. schaueriana, L. racemosa and R. mangle. Leaf samples of these plants were collected in four locals situated out of the populated area of the Cubatão town. The heavy metals content in the leaves were determined by the Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) technique. The results obtained have shown some contamination by cadmium and chromium for several leaf samples analysed in this work. In general, the three species of plants presented similar results concerning the content as well as the bioaccumulation order for the studied metals: Zn > Pb > Cr > Cu > Cd. In this way, any one of them could, in principle, be employed as bioindicator of heavy metal environmental pollution in that region.

KEYWORDS: Heavy metals, mangrove plants, atomic absorption spectrometry, environment, Cubatão River.

INTRODUÇÃO

O mangue pode ser definido como um solo pantanoso, que sofre influência direta das marés. Geomorfologicamente se desenvolve por extensas áreas entrecortadas por diversos rios, canais e lagos, em regiões geralmente planas, litorâneas, e de clima tropical. É um ecossistema importante, pois abriga larvas e formas jovens de um grande número de espécies de peixes, crustáceos e moluscos de interesse tanto social como econômico. Desempenha o papel de

filtro no processo de depuração das águas, retendo nas raízes de sua flora, materiais orgânicos e metálicos transportados pelas marés. Devido à essas características estuarinas, comporta-se como um reservatório para metais pesados (Vannucci, 2001; Macfarlane et al, 1999; Schaeffer-Novelli, 1995) e conseqüentemente, pode atingir níveis de concentrações considerados nocivos à flora e fauna da região.

A comunidade vegetal do mangue é diferente de qualquer outro tipo de bosque uma vez que as condições adver-

sas e peculiares do ambiente condicionam o aparecimento de poucas espécies. Esta formação vegetal age como um meio protetor contra a erosão produzida por agentes destruidores, como correntes de águas, marés, inundações e drenagem dos terrenos. Dentre as espécies de plantas existentes nos mangues da Baixada Santista as mais comuns são: *Avicennia schauriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* (Lacerda, 2003; Schuler et al, 2000).

A maioria dos vegetais é sensível aos metais pesados quando estes

ultrapassam concentrações acima daquelas normalmente encontrado em solos (Ross, 1994; Markert, 1998) e desta forma, podem ser usados como bioindicadores de poluição para uma variedade de substâncias tóxicas De acordo com a literatura (Kabata-Pendias and Pendias, 1984), a via principal de absorção de metais pesados pelas plantas é por meio das raízes, embora, outros tecidos também possam contribuir para este processo. Apesar de existir ainda alguma controvérsia quanto ao processo de absorção de certos elementos traços pelas raízes, isto é, se na forma metabólica (ativa) ou não metabólica (passiva), há muitas evidências experimentais demonstrando que a taxa de absorção destes elementos pela plantas é positivamente correlacionada com o seu teor nos solos (Kabata-Pendias and Pendias, 1984). Estando o solo contaminado, haverá transferência destes poluentes para os vegetais e animais da região, incluindo o ser humano, como dependente direto do consumo destes alimentos para sua sobrevivência. Nessa transferência de poluentes para os diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar os metais pesados são bioacumulados até serem consumidos, proporcionando assim, riscos diretos para a saúde da população em geral. Desta forma, informações experimentais sobre o teor de metais pesados em plantas típicas de um determinado ambiente são importantes, não só para avaliar o nível de contaminação existente na região, mas, também para auxiliar no entendimento dos processos de transferência para a população. A utilização de folhas de plantas como bioindicador de poluição ambiental é relativamente recente e tem mostrado resultados satisfatórios (Aksoy et al, 1999; Aksoy and Öztürk, 1997; Sawidis et al, 2001; Samecka-Cymermann and Kempers, 1999; Yamachita et al, 2005; Lăcătușu et al, 1996; Bahemuka and Mubofu, 1999).

Os mangues da bacia do Rio Cubatão vêm sendo degradados nas últimas décadas, em virtude do aumento das indústrias próximas a esses locais e da ocupação desordenada pela população (Luiz-Silva et al, 2006; Nascimento et al, 2006). Uma das grandes preocupações neste processo de poluição dos mangues têm sido os metais pesados em virtude da alta toxicidade e do risco potencial de exposição que representam para a flora, a fauna e a população humana da

região. Os metais pesados não podem ser destruídos e são altamente reativos do ponto de vista químico, o que explica a dificuldade de encontrá-los em estado puro na natureza. Normalmente, aparecem em concentrações muito pequenas, em conjunto com outros elementos químicos, na composição de minerais ou rochas. Entretanto, devido a processos antropogênicos os níveis de ocorrências destes metais têm aumentado consideravelmente em diversos tipos de compartimentos ambientais (Ross, 1994; Markert, 1998).

Como parte de um projeto de avaliação da poluição nos mangues da bacia do Rio Cubatão e como fonte de informações para estudos epidemiológicos na população local, o presente trabalho tem por objetivo a determinação do teor dos metais pesados cádmio, cromo, cobre, chumbo e zinco, em amostras de folhas de plantas típicas deste ecossistema, utilizando a técnica da Espectrometria de Absorção Atômica por Chama (FAAS). De especial interesse é verificar as características das espécies: *Avicennia schauriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, como bioindicador de poluição por metal pesado naquela região.

MATERIAIS E MÉTODO

As espécies vegetais, empregadas neste trabalho como bioindicador de poluição por metais pesados nos mangues do Rio Cubatão, foram: *Avicennia schauriana*, conhecida como mangue preto ou siriúba, *Laguncularia racemosa*, também chamada de mangue branco ou tinteira e *Rhizophora mangle*,

popularmente denominada de mangue vermelho (Schaeffer-Novelli, 1995).

Algumas amostragens de folhas de cada espécie foram realizadas durante o ano de 2004, sempre nos períodos de estiagem e maré baixa. Para a espécie *Avicennia schauriana* foram coletadas 119 amostras, para *Laguncularia racemosa* 89 amostras e para *Rhizophora mangle* 98 amostras, em quatro diferentes locais ainda não urbanizados, às margens do Rio Cubatão, próximo ao estuário de Santos, conforme é ilustrado na Figura 1. Para cada amostragem, foram realizadas de 3 a 6 análises repetidas por espécie de planta e o valor final do teor de metal pesado foi obtido pela média dos resultados.

As amostras coletadas foram armazenadas em sacos plásticos previamente lavados com solução a 2% em volume de ácido nítrico. No laboratório, elas foram enxaguadas com água destilada para remover o pó de partículas depositadas. Este procedimento permite avaliar o caminho de entrada dos metais pesados, principalmente, pelas raízes dos vegetais, ou seja, daqueles provenientes do solo.

A metodologia adotada para a confecção das amostras é similar àquela empregada por Sawidis et al (2001). Em resumo, as amostras de folhas passaram inicialmente por um processo de secagem em estufa a 120°C, por aproximadamente 12 horas ou até a obtenção de um peso constante. Em seguida, foram trituradas em um dispositivo Gral de porcelana e passadas em uma peneira com orifícios em torno de 0,5 mm. Para o preparo das soluções, uma alíquota em torno de 1 g desse



Figura 1- Locais (1,2,3,4) utilizados neste trabalho para as coletas de amostras de folhas de plantas nos mangues do Rio Cubatão

material seco em pó foi pesada utilizando uma balança analítica digital, Quimis modelo Scientech S.A 210. Para a digestão ácida dessa alíquota de material seco foi adicionado um volume em torno de 10 ml de HNO₃ concentrado. Inicialmente manteve-se o conjunto à temperatura ambiente por aproximadamente 24 horas (overnight), para se realizar a pré-digestão ácida. O conjunto foi então transferido para um sistema digestor (Kjeldahl) equipado com um condensador de refluxo e mantido à 80°C por um período de tempo aproximado de 1 hora. A seguir aumentou-se a temperatura lentamente até atingir 125°C onde permaneceu por mais duas horas. Por fim, retirou-se o condensador permitindo que o ácido fosse evaporado até quase a secagem total. Após o resfriamento, o resíduo líquido restante foi filtrado (Whatman cat. n.º. 1001042) e diluído com uma

solução de HNO₃ a 2%, em um balão volumétrico, até atingir a marca de 25 ml.

As concentrações de Cd, Cr, Cu, Pb e Zn nas amostras de folhas, foram determinadas utilizando um Espectrômetro de Absorção Atômica por Chama, Perkin Elmer, modelo Analyst 100. A calibração do equipamento, em cada troca de lâmpada, foi realizada utilizando padrões confeccionados a partir de soluções estoques (1000 ppm ± 0,4%) produzidas pela Tec-Lab.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os limites de detecção da técnica, determinados experimentalmente, foram: 0,015 ppm, 0,038 ppm, 0,046 ppm, 0,24 ppm e 0,083 ppm respectivamente para o Cd, Cr, Cu, Pb e Zn.

Nas Tabelas 1 a 5, estão listados os valores médios, mínimos e máximos dos metais Cd, Cr, Cu, Pb e Zn, encontrados em cada local de amostragem ilustrado na Figura 1, para as três espécies de plantas: *Avicennia shauriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. Os erros considerados para os valores das concentrações nestas tabelas, correspondem apenas ao desvio padrão (DP, k = 1) dos resultados das análises repetidas para cada amostragem. As outras fontes de erros, diluição volumétrica (1%), pesagem das amostras (0,04%) e calibração do espectrômetro (0,4%) foram consideradas como desprezíveis, comparadas com a flutuação estatística das medidas. As incertezas listadas para os valores médios representam também o desvio padrão (DP, k = 1) dos valores encontrados em cada ponto de amostragem, para cada uma das plantas estudadas. Comparações entre resultados

Tabela 1 - Intervalo e valor médio (\pm DP, k = 1) dos resultados (ppm em peso seco) obtidos para o teor de cádmio em amostras de folhas das plantas coletadas nas quatro áreas de amostragem nos mangues do Rio Cubatão

Planta	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<i>Avicennia</i>	0,239 \pm 0,029 a	0,309 \pm 0,043 a	0,287 \pm 0,029 a	0,50 \pm 0,15 a
<i>Shauriana</i>	0,513 \pm 0,097	0,580 \pm 0,064	0,909 \pm 0,098	1,01 \pm 0,12
Valor Médio de Cd	0,392 \pm 0,096	0,418 \pm 0,087	0,51 \pm 0,18	0,73 \pm 0,21
<i>Laguncularia</i>	0,191 \pm 0,019 a	0,254 \pm 0,025 a	0,254 \pm 0,042 a	0,469 \pm 0,048 a
<i>Racemosa</i>	0,54 \pm 0,13	0,444 \pm 0,092	0,759 \pm 0,078	0,610 \pm 0,084
Valor Médio de Cd	0,38 \pm 0,14	0,352 \pm 0,084	0,42 \pm 0,18	0,532 \pm 0,059
<i>Rizophora</i>	0,349 \pm 0,034 a	0,330 \pm 0,038 a	0,361 \pm 0,020 a	0,383 \pm 0,043 a
<i>Mangle</i>	0,59 \pm 0,14	0,570 \pm 0,081	0,540 \pm 0,092	0,562 \pm 0,062
Valor Médio de Cd	0,468 \pm 0,075	0,45 \pm 0,12	0,429 \pm 0,077	0,507 \pm 0,057

Tabela 2 - Intervalo e valor médio (\pm DP, k = 1) dos resultados obtidos (ppm em peso seco) para o teor de cromo em amostras de folhas das plantas coletadas nas quatro áreas de amostragem nos mangues do Rio Cubatão

Planta	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<i>Avicennia</i>	4,60 \pm 0,29 a	4,05 \pm 0,29 a	5,45 \pm 0,54 a	X
<i>Shauriana</i>	6,70 \pm 0,67	4,05 \pm 0,29	7,91 \pm 0,79	
Valor Médio de Cr	5,6 \pm 1,5	4,05 \pm 0,29	6,6 \pm 1,1	X
<i>Laguncularia</i>	3,45 \pm 0,34 a	2,21 \pm 0,22 a	2,647 \pm 0,071 a	X
<i>Racemosa</i>	3,74 \pm 0,25	2,35 \pm 0,25	4,95 \pm 0,44	
Valor Médio de Cr	3,59 \pm 0,21	2,28 \pm 0,11	3,7 \pm 1,1	X
<i>Rizophora</i>	2,24 \pm 0,22 a	2,05 \pm 0,21 a	2,57 \pm 0,26 a	X
<i>Mangle</i>	8,2 \pm 1,4	2,57 \pm 0,25	5,02 \pm 0,36	
Valor Médio de Cr	4,7 \pm 3,1	2,31 \pm 0,36	3,5 \pm 1,1	X

Tabela 3 - Intervalo e valor médio (\pm DP, $k = 1$) dos resultados obtidos (ppm em peso seco) para o teor de cobre em amostras de folhas das plantas coletadas nas quatro áreas de amostragem nos mangues do Rio Cubatão

Planta	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<i>Avicennia</i>	2,37 \pm 0,24 a	3,90 \pm 0,40 a	1,64 \pm 0,10 a	1,68 \pm 0,17 a
<i>Shauriana</i>	6,18 \pm 0,62	5,0 \pm 0,57	4,29 \pm 0,42	3,61 \pm 0,32
Valor Médio de Cu	3,9 \pm 1,2	4,45 \pm 0,78	2,8 \pm 1,0	2,52 \pm 0,85
<i>Laguncularia</i>	1,83 \pm 0,14 a	1,97 \pm 0,14 a	1,32 \pm 0,13 a	1,95 \pm 0,10 a
<i>Racemosa</i>	3,32 \pm 0,33	2,61 \pm 0,24	3,40 \pm 0,32	3,71 \pm 0,37
Valor Médio de Cu	2,78 \pm 0,66	2,32 \pm 0,39	2,14 \pm 0,89	2,87 \pm 0,81
<i>Rizophora</i>	1,44 \pm 0,14 a	1,21 \pm 0,14 a	1,59 \pm 0,16 a	1,18 \pm 0,12 a
<i>Mangle</i>	3,81 \pm 0,17	2,84 \pm 0,30	2,22 \pm 0,24	4,05 \pm 0,40
Valor Médio de Cu	2,14 \pm 0,72	1,72 \pm 0,74	1,97 \pm 0,33	2,41 \pm 1,1

Tabela 4 - Intervalo dos resultados obtidos (ppm em peso seco) para o teor de chumbo em amostras de folhas das plantas coletadas nas quatro áreas de amostragem nos mangues do Rio Cubatão

Planta	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<i>Avicennia</i>	< 5,88 a	< 3,83 a	3,54 \pm 0,52 a	< 4,78 a
<i>Shauriana</i>	9,1 \pm 1,7	7,29 \pm 0,70	7,1 \pm 1,0	7,24 \pm 0,73
<i>Laguncularia</i>	< 3,76	< 3,88	< 3,06 a	X
<i>Racemosa</i>			8,7 \pm 1,8	
<i>Rizophora</i>	< 5,36 a	< 4,75 a	< 2,91 a	< 5,87 a
<i>Mangle</i>	6,09 \pm 0,52	6,50 \pm 0,55	3,25 \pm 0,52	6,0 \pm 0,7

Tabela 5 - Intervalo e valor médio (\pm DP, $k = 1$) dos resultados obtidos (ppm em peso seco) para o teor de zinco em amostras de folhas das plantas coletadas nas quatro áreas de amostragem nos mangues do Rio Cubatão

Planta	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<i>Avicennia</i>	11,4 \pm 1,2 a	10,2 \pm 1,0 a	14,6 \pm 1,2 a	25,8 \pm 2,3 a
<i>Shauriana</i>	50,8 \pm 5,5	19,8 \pm 2,0	56,4 \pm 5,6	36,2 \pm 3,2
Valor Médio de Zn	30 \pm 12	15,0 \pm 6,8	33 \pm 17	30,5 \pm 5,3
<i>Laguncularia</i>	14,7 \pm 1,2 a	16,5 \pm 1,6 a	12,6 \pm 1,2 a	15,7 \pm 1,5 a
<i>Racemosa</i>	32,6 \pm 3,1	35,2 \pm 1,7	26,5 \pm 2,3	24,5 \pm 2,1
Valor Médio de Zn	20,8 \pm 5,6	23,5 \pm 8,6	18,9 \pm 4,7	20,2 \pm 3,9
<i>Rizophora</i>	4,57 \pm 0,45 a	6,78 \pm 0,63 a	6,70 \pm 0,22 a	7,63 \pm 0,19 a
<i>Mangle</i>	14,8 \pm 1,5	30,8 \pm 3,1	23,5 \pm 2,1	13,7 \pm 1,2
Valor Médio de Zn	9,6 \pm 4,0	14 \pm 11	12,1 \pm 7,0	10,8 \pm 2,5

foram efetuadas por meio de análises estatísticas utilizando o programa de computador SPSS-11.0.

De acordo com os resultados das análises de variâncias (GLM univariate), os valores médios obtidos nas 4 áreas de amostragens, para as três plantas, apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,1$) apenas para o caso do cádmio.

Nas plantas da área 4 foram encontradas uma concentração média de cádmio significativamente maior ($p < 0,1$) que nas áreas 1 ou 2 e isto pode ser explicado, provavelmente, pela sua maior proximidade ao aterro sanitário (vide Figura 1). Para os demais casos, não houve diferenças significativas entre os resultados encontrados nas amostras ex-

traídas destes 4 pontos de coleta. Desta forma, e com o intuito de se fazer uma avaliação geral por espécie de planta da poluição na região, as informações experimentais obtidas nos 4 locais de amostragem foram englobadas. Na tabela 6 são apresentados os intervalos e valores médios determinados para as concentrações de Cd, Cu, Cr, Pb e Zn

nas amostras de folhas das 3 espécies de plantas, correspondentes as 4 áreas de amostragem. As incertezas apresentadas, para os valores médios, representam os intervalos de confiança obtidos com 90% de probabilidade ($\alpha = 0,9$). Apesar do teste estatístico "t de Student" não emparelhado ($p < 0,05$) aplicado aos valores médios listados na tabela 6, indicar uma concentração significativamente maior apenas para o cobre e zinco na espécie *Avicennia*, em relação a espécie *Rizophora*, observa-se que há uma tendência de maior bioacumulação pela primeira espécie, para todos os metais pesados estudados. Devido à este fato, a espécie *Avicennia* seria a mais recomendada como bioindicador de poluição ambiental por metais pesados na região dos mangues da bacia do Rio Cubatão. Entretanto, de uma

maneira geral, o comportamento das 3 espécies de plantas foram muito similares tanto no teor como na ordem em que bioacumulam os metais estudados: $Zn > Pb > Cr > Cu > Cd$, considerando para o caso do chumbo, os valores máximos obtidos.

Na Tabela 6 os intervalos englobando os resultados para as três plantas são comparados com os valores divulgados na literatura para amostras de outros vegetais provenientes de locais em condições ambientais similares ao deste trabalho. Os valores relativamente altos reportados por Lăcătușu et al (1996) para os teores de metais pesados (Cd, Cu, Pb e Zn) em hortaliças diversas podem ser explicados, segundo os autores, pela presença de indústrias de fundição não ferrosos existentes próximas aos locais de cultivo. Samecka-Cymerman

e Kempers (1999), utilizando uma técnica diferente (ICPES Spectroflame SIMSEQ) daquela utilizada pelos outros autores, analisaram amostras de alguns arbustos coletadas no Jardim Botânico Universitário da cidade de Wrocław, na Polônia. Os resultados encontrados foram razoavelmente altos e as causas prováveis atribuídas pelos autores foram a temperatura, umidade e a estrutura do solo da região. Levando em consideração as diferenças de poluição ambiental entre os locais de amostragem, observa-se que existe uma razoável concordância entre os valores deste trabalho com aqueles obtidos pelos outros autores.

Nas duas últimas linhas da Tabela 7, estão listados os teores de metais pesados considerados como sendo excessivos ou tóxicos (Kabata-Pendias

Tabela 6 - Intervalo de variação e valor médio (\pm intervalo de confiança, $\alpha = 0,90$) dos valores encontrados neste trabalho, para os teores de metais pesados (ppm em peso seco) em folhas de plantas dos mangues da bacia do Rio Cubatão

Planta	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
<i>Avicennia shauriana</i>	(0,239 \pm 0,029) a	(4,05 \pm 0,29) A	(1,64 \pm 0,10)	(3,54 \pm 0,52) a	(10,2 \pm 0,10) a
Valor Médio	0,52 \pm 0,18	5,4 \pm 2,2	3,4 \pm 1,1	-x-	27,1 \pm 9,6
<i>Laguncularia racemosa</i>	(0,191 \pm 0,019) a	(2,21 \pm 0,22) a	(1,32 \pm 0,13) a	< 3,06 a	(12,6 \pm 1,2) a
Valor Médio	0,421 \pm 0,093	3,2 \pm 1,3	2,53 \pm 0,41	-x-	20,8 \pm 2,3
<i>Rhizophora mangle</i>	(0,330 \pm 0,038) a	(2,05 \pm 0,21)	(1,18 \pm 0,12)	< 2,91 a	(4,57 \pm 0,45)
Valor Médio	0,463 \pm 0,039	3,5 \pm 2,0	2,06 \pm 0,34	-x-	11,6 \pm 2,2

Tabela 7 - Comparações dos intervalos de concentrações de metais pesados (ppm em peso seco) obtidas neste trabalho, para plantas típicas dos mangues do Rio Cubatão, com resultados divulgados na literatura para outros vegetais

Vegetais (Referências)	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Técnica utilizada
Hortaliças (Lacatusu et al, 1996)	1,0-8,5	X	3,0-13,8	2,0-118,0	29,0-844,0	FAAS
Hortaliças (Bahemuka and Mubofu, 1999)	0,1-0,6	X	2,5 - 16,0	1,9-6,6	14,8-49,3	FAAS
Arbustos (Samecka-Cymerman and Kempers, 1999)	0,51-5,55	0,42-3,12	1,10-9,35	3,8-23,9	191-360	ICPES - Spectroflame
<i>Cap. Bursa past., Poa annua L. - Árvores</i> (Aksoy et al, 1999)	0,27-1,07	X	9-26	6-57	50-200	FAAS
<i>N.olean. L.- Àrvore</i> (Aksoy and Öztürk, 1997)	0,02-0,72	X	3,0-6,0	2,65-28,0	8,0-21,0	FAAS
Árvores Diversas (Sawidis et al, 2001)	0,86-1,38	X	1,5-4,9	X	14,2-77,7	ETAAS
<i>Avicennia, Laguncularia, Rhizophora - Árvores</i> (Este Trabalho)	0,19-1,01	2,05-8,2	1,18-6,18	<2,91-9,1	4,57-56,4	FAAS
Em excesso ou tóxico (Kabata-Pendias and Pendias, 1984; Aksoy et al 1997)	0,03-3,8	5-30	20-100	30-300	100-400	X
Suficiente ou normal (Kabata-Pendias and Pendias, 1984)	0,05-0,2	0,1-0,5	5-30	5-10	27-150	X

and Pendias, 1984; Aksoy and Öztürk, 1997) e aqueles considerados normais (Aksoy and Öztürk, 1997) para vegetais em geral. Comparando com os valores obtidos neste trabalho, verifica-se que há indicação de contaminação por cádmio e cromo nas plantas dos mangues do Rio Cubatão, possivelmente, como uma consequência de poluição ambiental na região.

CONCLUSÃO

Os estudos realizados neste trabalho apontam uma tendência de bioacumulação maior de metais pesados pela espécie *Avicennia* entre as plantas estudadas e desta forma, seria a mais recomendada para fins de monitoramento ambiental nas regiões de mangue. Contudo, observa-se a existência de um comportamento muito similar tanto quanto ao teor como em relação à ordem de bioacumulação dos metais pesados, para as 3 espécies de plantas mais importantes dos mangues da Baixada Santista. Neste sentido, qualquer uma destas espécies poderia, em princípio, ser empregada como bioindicador de poluição na região de estudo.

Neste trabalho, não foi feito um estudo temporal da variação da concentração de metais pesados nestas plantas. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os valores encontrados para uma mesma planta, nas análises das amostragens de folhas efetuadas em meses diferentes do ano de 2004.

De acordo com os resultados obtidos observa-se ainda que, de uma forma geral, não está ocorrendo, até o presente momento, uma contaminação acentuada nas plantas dos mangues da bacia do Rio Cubatão, pelo menos com relação aos metais pesados analisados. Contudo, há evidências de contaminação por cádmio e cromo, em diversas amostras analisadas e as possíveis fontes de contribuição seriam: o aterro sanitário, o esgoto residencial, o descarte de pilhas e baterias, bem como efluentes de indústrias de fundições e metalúrgicas existentes na região. Estudos adicionais com outros agentes indicadores de poluição ambiental como águas e sedimentos devem ser conduzidos com a finalidade de complementar as informações experimentais obtidas neste trabalho, para se ter uma avaliação mais completa sobre as fontes e os níveis de contaminação existentes naquela região.

REFERÊNCIAS

- AKSOY, A.; HALE, W. H.; DIXON, J. M. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. as a biomonitor of heavy metals. *The Sci. Total Environ.* 26: 177-186, 1999;
- AKSOY, A.; ÖZTÜRK, M.A. *Nerium oleander* L. As a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. *Sci. Total Environ.* 205: 145-150. 1997.
- BAHEMUKA, T. E.; MUBOFU, E. B. *Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania.* *Food Chem.* 66: 63-66. 1999.
- KABATA-PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants.* CRC Press, Inc., Boca Raton; 1984.
- LĂCĂTUSU, R.; et al. *Soil-plant-man relationships in heavy metal polluted areas in Romania.* *Appl. Geochem.* 11: 105-107. 1996.
- LACERDA, L. D. *Os manguezais do Brasil.* In: VANNUCCI, M. *Os manguezais e nós*, Editora da USP, São Paulo (SP); 2003.
- LUIZ-SILVA, W. et al. *Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP).* *Quim. Nova* 29(2): 256-263. 2006
- MACFARLANE, G. R.; BURCHETT, M. D. *Zinc distribution and excretion in the leaves of the grey mangrove, Avicennia marina (Forsk) Vierh.* *Environ. Exp. Bot.* 41: 167-175. 1999.
- MARKERT, B. *Distribution and biogeochemistry of inorganic chemicals in the environment.* In: SCHÜRMANN, G., MARKERT, B. *Ecotoxicology: Ecological Fundamentals, Chemical Exposure and Biological Effects.* John Wiley & Sons, Inc., New York; 1998.
- NASCIMENTO, S.C.; HYPOLITO, R.; RIBEIRO, A.A. *Disponibilidade de metais pesados em aterro de indústria siderúrgica.* *Eng. Sanit. Ambient.* 3: 196-202.2006.
- ROSS, S. M. *Sources and forms of potentially toxic metals in soil-plant systems.* In: ROSS, S. M. *Toxic Metals in Soil-Plants Systems.* John Wiley & Sons Ltdd, Chinchester; 1994.
- SAMECKA-CYMERMAN, A.; KEMPERS, A. J. *Bioindication of heavy metals in the town Wroclaw (Poland) with evergreen plants.* *Atm. Environ.* 33: 419-430. 1999.
- SAWIDIS, T. et al. *A study of metal distribution from lignite fuels using trees as biological monitors.* *Ecotoxicol. Environ. Safety* ; 48: 27-35. 2001.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Ecosistema entre a terra e o mar.* Carabbean Ecological Research, São Paulo (SP); 1995.
- SCHULER, C. A. B.; ANDRADE, V. C.; SANTOS, D. S. *O manguezal: composição e estrutura.* In: BARROS, H. M.; ESKINASI-LEÇA, E.; MACE-DO, S. J.; LIMA, T. *Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais.* Editora Universitária da UFPE, Recife (PE); p. 27-38, 2000.
- VANNUCCI, M. *What is so special about mangroves?* *Braz. J. of Biol.* 61(4): 599-603. 2001.
- YAMASHITA, C. I. et al. *Characterization of trace elements in Casearia medicinal plant by neutron activation analysis.* *Appl. Rad. Isot.* 63: 841-846. 2005.

Endereço para correspondência:

Luiz Paulo Geraldo
Instituto de Pesquisas Científicas
(IPECI)
Universidade Católica de Santos
R. Dr. Carvalho de Mendonça, 144
11070-100 Santos - SP - Brasil
E-mail: lgeraldo@unisantos.br