

CICLAGEM DE METAIS PESADOS EM BANCOS DE *Spartina alterniflora*
NA BAIÁ DE SEPETIBA, RJ

LIMA, N.R.W.*; PFEIFFER, W.C.* e FISZMAN, M.*

RESUMO

A importância da *Spartina alterniflora* como recicladora de Zn, Cr, Cd, Fe e Mn para as cadeias alimentares da Baía de Sepetiba (519 km²) vem sendo avaliada. Duas áreas colonizadas, na costa NE desta Baía, por esta gramínea foram escolhidas; Coroa Grande e Pedra de Guaratiba. Compartimentos abióticos (sedimentos) e bióticos (rizoma, talo, folha, material aéreo morto e em decomposição) foram coletados mensalmente com o objetivo de analisar variações geográficas da concentração dos metais nos diversos compartimentos abióticos e bióticos.

Os resultados das concentrações médias de metais mostraram que somente o Mn apresentou diferenças geográficas, com um aumento de concentração tanto nos sedimentos como em plantas de Pedra de Guaratiba. Zinco, Cromo e Cádmió apresentam um aumento de concentração no sedimento em Coroa Grande que não se reflete nos compartimentos das plantas nas 2 áreas. Os resultados das concentrações médias dos metais e dos coeficientes de distribuição médios, evidenciam um acúmulo de metais nos tecidos mortos e em decomposição nas duas

* Lab. de Radioisótopos, Inst. de Biofísica da UFRJ

áreas em estudo.

ABSTRACT - TRACE METAL CYCLING IN THE *Spartina alterniflora* STANDS, SEPETIBA BAY, RIO DE JANEIRO, R.J. - BRAZIL

The importance of *Spartina alterniflora* for recycling Zn, Cr, Cd, Fe and Mn to the food chains in Sepetiba Bay (519 km²) is under evaluation. Two areas on the NE coast of the bay, were chosen for study: Coroa Grande and Pedra de Guaratiba. Abiotic (sediments) and biotic (rhizomes, culms, leaves, standing dead material, and litter) compartments, were collected monthly in order to analyse geographical variations of metal concentrations in the different compartments.

Results of average metal concentrations, have showed that only Mn presented geographical differences with increased levels in Pedra de Guaratiba for all compartments analyzed. Higher concentrations of Zn, Cr and Cd were observed in the sediments from Coroa Grande than in the sediments from Pedra de Guaratiba; although these findings were not reflected by the plants from the two areas. Results of average metal concentrations and average distribution coefficients indicated a build up of metals in dead tissues and tissues decomposition in both studied areas.

INTRODUÇÃO

A Baía de Sepetiba (60 km ao Sudoeste da cidade do Rio de Janeiro e com 519 km²) vem sendo utilizada como um corpo receptor de lançamento de efluentes líquidos contendo metais pesados. Estes efluentes são oriundos, principalmente, do complexo metalúrgico instalado nas regiões de Itaguaí e Santa Cruz (Fig. 1).

Estudos realizados nesta Baía mostram que os elementos Cr, Cd e Zn são aqueles que apresentam maiores concen-

FIGURA 1

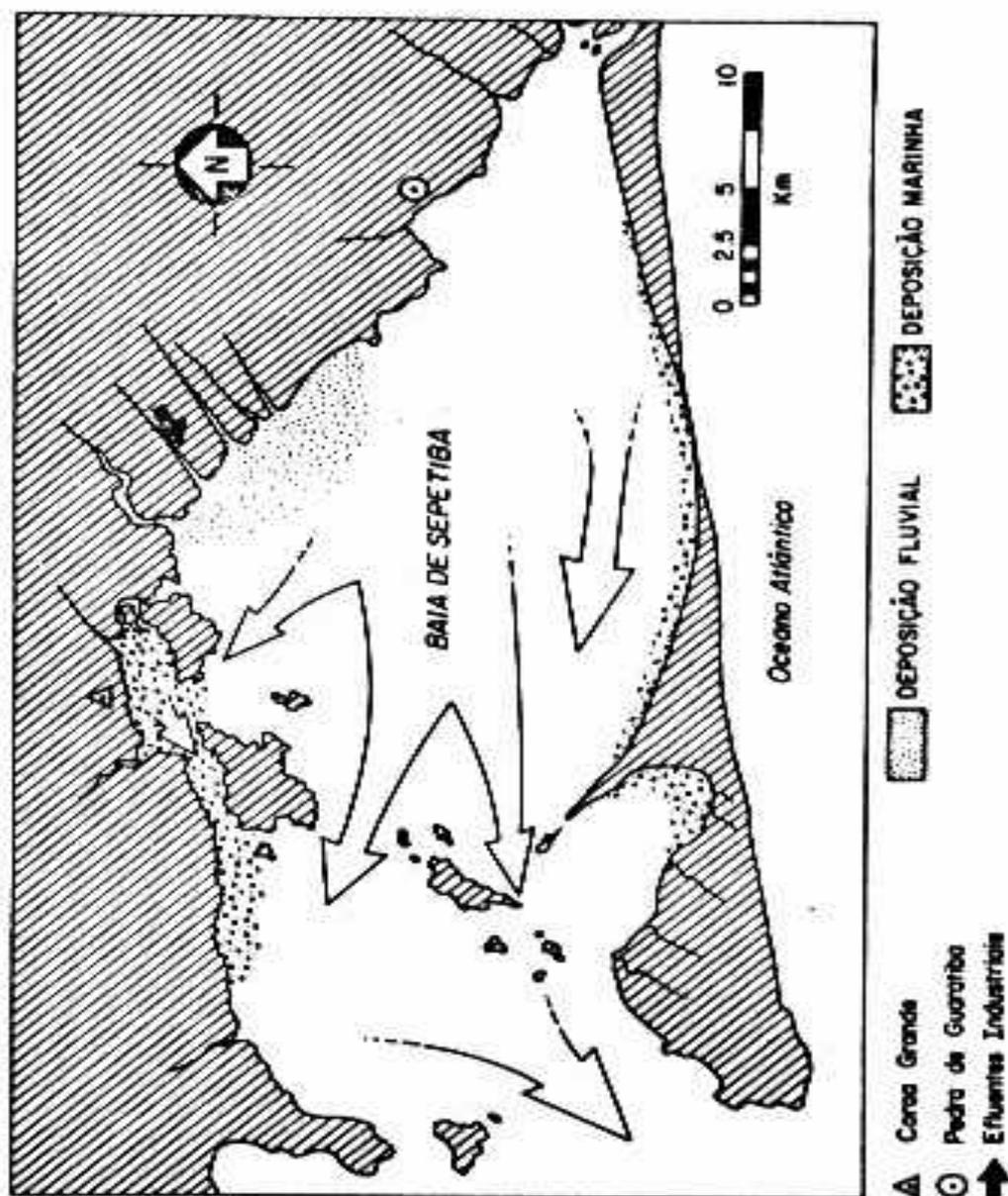


Figura 1 - Localização geográfica das estações de coleta, Coroa Grande e Pedra de Guaratiba na Baía de Sepetiba.

trações nos compartimentos abióticos e bióticos do sistema; o particulado em suspensão é o compartimento relevante no transporte de metais; a região de Coroa Grande (região de deposição marinha) é aquela que sofre o maior impacto da poluição (LACERDA, 1983; LACERDA et al, 1983).

Organismos filtradores como ostras e pescadinha, e detritívoros como camarão, unha-de-velho e corcoroca, ocorrem na Baía de Sepetiba e são pescados artesanalmente e/ou comercialmente por populações locais. As análises das concentrações de metais nestes organismos (comprados e coletados na região de Coroa Grande) mostram que o Cr apresentou valores acima daqueles permitidos pela legislação vigente em todos os organismos analisados e o Zn e o Cd somente superaram estes máximos em ostras (PFEIFFER et al, 1985).

Ao longo da costa oeste e nordeste da Baía de Sepetiba ocorrem bancos de *Spartina alterniflora*, formando uma franja descontínua na frente de comunidades de manguezal, restrita a região entre-marés.

Tem sido ressaltada a importância de comunidades de vegetais superiores, de regiões estuarinas e costeiras, na ciclagem de metais pesados, por estas funcionarem como biofiltros destes elementos e os tornarem novamente disponíveis ao sistema através da liberação de matrizes orgânicas mortas (RAGSDALE e THORHAUG, 1980).

Estudos realizados em comunidades de alagados marinhos ("salt-marsh") que são colonizados totalmente ou preferencialmente pela espécie *Spartina alterniflora*, têm reportado a importância potencial deste sistema em promover a ciclagem de metais pesados. Os processos envolvidos na execução desta ciclagem são: a concentração dos metais nos tecidos vivos e mortos dos vegetais por absorção metabólica radicular e/ou foliar e, acumulação nos tecidos mortos (TIFFIN, 1977; SCHOEDER e THORHAUG, 1980; LACERDA et al, 1979); a liberação de tecidos mortos, que durante o processo de decomposição sofrem novos incrementos de metais por processos físico-químicos e microbiológicos (DRIFMEYER e RUBLEE, 1981;

ODUM e DRIFMEYER, 1978). Os tecidos em decomposição podem ser incorporados ao sedimento e/ou exportados para o sistema aquático e introduzidos em cadeias alimentares detritívoras (DRIFMEYER e RUBLEE, 1981; GALLANGHER e KIBBY, 1980; GLEASON et al, 1979; RICE e WINDOW, 1982; WILLIAMS e MURDOCH, 1969).

Este trabalho tem por objetivo avaliar a importância potencial da gramínea *Spartina alterniflora* na ciclagem de Zn, Cr, Cd, Fe e Mn para as cadeias alimentares da Baía de Sepetiba. Para melhor avaliar o perfil desempenhado pela *Spartina alterniflora* em área submetida a lançamentos industriais duas comunidades de plantas foram escolhidas (Fig. 1) devido à localização geográfica em relação aos lançamentos antropogênicos: 1) A comunidade de Coroa Grande que está contida na região que sofre o maior impacto da poluição, uma vez que, apresenta os mais elevados valores de concentração de metais no sedimento de fundo e em ostras de pedra (*Crasostrea brasiliiana*) dentro da Baía (LACERDA et al, 1983; LIMA et al, (em elaboração)). 2) A comunidade de Pedra de Guaratiba localizada numa área anterior aos lançamentos dos rejeitos industriais, e considerada isenta de contaminação devido aos baixos valores de concentração de metais em sedimentos de praia da região entre-marés (LACERDA et al, 1985).

Os metais Zn, Cr e Cd foram escolhidos pela sua relevância na condição de poluentes da Baía de Sepetiba, enquanto que, os metais Fe e Mn foram analisados devido a sua importância metabólica para os vegetais e pela sua participação nos processos naturais de remoção de metais pesados do ambiente, sob a forma de óxidos insolúveis de Fe e Mn.

A concentração dos metais foi determinada em diferentes compartimentos (sedimento, rizoma, talo, folha, tecido aéreo morto, tecido aéreo em decomposição). Com estes valores calculou-se os coeficientes de distribuição (K_d) dos metais entre os compartimentos amostrados ao longo do tempo. Tais coeficientes estarão refletindo o comportamento dos metais na *Spartina alterniflora* levando em conta os processos

de absorção radicular a partir das formas mais disponíveis no sedimento, translocação dos mesmos entre as partes vivas das plantas e seus mecanismos de concentração em tecidos aéreos mortos e em decomposição, devido a processos metabólicos da planta e processos de decomposição, respectivamente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coletas mensais de plantas e sedimentos foram realizadas em Coroa Grande e Pedra de Guaratiba de julho a dezembro de 1984 (Fig. 1).

As plantas foram coletadas, de julho a dezembro em 1984, utilizando-se quadrados de alumínio de (1,0 m²) em Coroa Grande e de (0,64 m²) em Pedra de Guaratiba com o auxílio de faca de aço inoxidável, posteriormente lavadas com água local, transportadas para o laboratório em sacos plásticos e mantidas em câmara fria até a análise, em períodos máximos de 24 h. As diferentes partes do vegetal (rizoma, talos, folhas, material aéreo morto e material aéreo em decomposição) foram lavadas com água destilada e os rizomas submetidos a um sistema de ultra-som para a retirada de partículas de sedimento aderidas a superfície. Este procedimento não se mostrou eficiente para retirar as partículas aderidas ao sistema radicular, portanto as raízes não foram analisadas.

As amostras de plantas foram secas a 80 °C até zero constante, fragmentadas com auxílio de tesoura de aço inoxidável e subdivididas em amostras de 10 g (partes vivas) e 5 g (partes mortas e em decomposição) num total de 3 alíquotas por cada compartimento. As amostras foram calcinadas (450°, 24 h), as cinzas tratadas a quente, por 24 h, com HCl diluído em água (1:1), evaporadas e após 24 h filtradas em filtro de papel Whatman nº 42. Os filtrados foram reservados, e os filtros das amostras contendo o material em decomposi-

ção foram desprezados. Os demais filtros foram calcinados a 450 °C, por 8 h e tratados a seguir com uma mistura ácida ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF}$ 3:1:1) de 1 a 3 vezes para abertura total de sílica e de sais insolúveis. As amostras eram então retomadas com solução de HCl 0,1 N, adicionadas aos filtrados reservados, que paralelamente ao filtrado do material em decomposição eram evaporados até volume de 15 ml e diluídos com água deionizada até um volume final de 45 ml.

A metodologia de abertura para tecidos em decomposição foi ligeiramente modificada em relação aos demais compartimentos não sô para evitar a extração de metais que poderiam estar contidos na matriz geológica das partículas aderidas a este compartimento como também para mimetizar o tratamento ácido que os detritos orgânicos sofrem quando ingeridos por organismos filtradores e decompositores.

O sedimento superficial foi coletado, de julho a dezembro de 1984, com o auxílio de uma pá de plástico, dentro das dimensões de um quadrado de alumínio de (20 cm²) a uma espessura de 2 cm, e colocado em caixas plásticas. Os testemunhos de sedimentos dos bancos de *Spartina* foram coletados com tubos de PVC (40 cm de comprimento de 7,5 cm de diâmetro) e estocadas em freezer (-20 °C) até as análises.

Os testemunhos foram divididos, ainda congelados, com o auxílio de régua plástica e faca de aço inoxidável, em 2 porções distintas: (1) 2-17 cm - fração onde ocorrem as raízes das plantas (SR) (2), 17-32 cm - fração abaixo da região de raízes (SA). Estas 2 porções bem como o sedimento superficial (SS), foram peneiradas separadamente em peneiras de malha de 16 mesh de abertura, com a adição de 10 ml de H₂O destilada em cada uma, secas a 80 °C até o peso constante, trituradas em gral de porcelana, peneiradas em malha de 60 mesh de abertura e estocadas até a análise.

Foram utilizadas 3 alíquotas de sedimento seco de cada fração para a extração de metais, com solução fria de HCl 0,1 N, por 16 h, na proporção de 5 g de sedimento: 15 ml da solução. As amostras foram filtradas em filtro Whatman nº

42, adicionado ao filtrado 2 gotas de HCl concentrado, 3 gotas de azida sódica (2%) (para evitar a proliferação de fungos) e H₂O deonizada até volume final de 25 ml.

A determinação das concentrações de metais Zn, Cr, Cd, Fe e Mn nas amostras tratadas de sedimentos foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica convencional, utilizando-se um aparelho Varian modelo A-1475. Os resultados foram expressos em µg do metal por g de peso seco para os compartimentos das plantas e dos sedimentos.

A caracterização dos sistemas de alagados em estudo, foi feita através da determinação dos teores de matéria orgânica, pH e granulometria dos sedimentos, quantidades de biomassa (grama/m²), densidade e frequência de tamanho dos colmos (em classes com intervalo de 10 cm) nas populações de *Spartina*.

Os teores de matéria orgânica dos sedimentos foram determinados gravimetricamente após combustão em forno mufla a (450 °C, 24 h), utilizando-se 3 alíquotas de 2 g de sedimento seco peneirado (como descrito anteriormente).

A determinação pH foi feita, segundo método de CHAPMAN e PRATT (1961) modificado: 50 g de sedimentos frescos (sem peneirar) foram misturados com 50 ml de H₂O destilada, agitados com auxílio de bastão de vidro por 3 min., e centrifugados por 30 min a 2000 rpm. O pH do sobrenadante foi medido com um pHgmetro Digimed, modelo DMPH-P.

A granulometria do sedimento foi determinada com porções variáveis de sedimento fresco, misturados com 50 ml de água do local filtrada e submetidas a uma série de peneiras de 16, 60, 125 e 250 mesh agitadas mecanicamente por 30 min, secas a 80 °C até peso constante. Determinado a seguir as porcentagens de areia e silte-argila das diverções frações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sedimentos de Coroa Grande e Pedra de Guaratiba

apresentaram teores de matéria orgânica que variaram entre 10 a 15% e 5,9 a 13% respectivamente, com valores crescentes do fundo para a superfície. Os valores de pH nos sedimentos das duas estações mostraram uma variação inversa aos valores de teor matéria orgânica, decrescendo do fundo (17-32 cm, onde observou-se restos de valvas de bivalvos) para a superfície (com maiores teores de matéria orgânica). Os intervalos dos valores de pH em Coroa Grande estão entre 7,73-8,03 e em Pedra de Guaratiba entre 7,56-8,06.

Os valores percentuais de granulometria apresentaram-se uniformes em todas as frações do sedimento sendo que $\pm 60\%$ é composta pela fração silte argila.

As populações da gramínea *Spartina* nas duas estações (C.G. e P.G.) apresentam fisionomias distintas. Em C.G. a distribuição das plantas não é uniforme, ocorrendo áreas de alta densidade com 150 cólmos/m² onde vem se realizando as coletas, e áreas de baixa densidade, com um mínimo de 2 cólmos/m². Em P.G. a distribuição é praticamente uniforme, com cerca de 350 cólmos/m².

No mês de julho/84, a população de plantas de P.G. apresentou com maior freqüência cólmos com tamanhos de 10-30 cm de comprimento. Com a chegada do verão em dezembro/84, ocorre um deslocamento das maiores freqüências para as classes de tamanhos entre 70 a 90 cm, indicando um crescimento da população. Em C.G. esta variação apresentou-se defasada em cerca de 3 meses, ocorrendo cólmos com tamanhos entre 10 a 30 cm em maior freqüência em outubro de 1984. No mês de dezembro de 1984, observou-se em C.G. freqüências iguais entre cólmos pequenos (10-30 cm) e grandes (70-90 cm). Em P.G. esta igualdade de freqüências ocorre em novembro/84.

As variações da biomassa de peso seco/m² das partes das plantas coletadas nas duas estações, mostraram-se equivalentes, apresentando um decréscimo da biomassa do rizoma, material aéreo morto e em degradação de julho a dezembro 1984; enquanto a biomassa de talos e folhas mostrou-se crescente no mesmo período.

Observou-se indivíduos com floração (nas primeiras excursões às estações) em maio de 1984 e em janeiro a maio de 1985 nas duas estações em estudo.

As Tabs. 1 e 2 mostram os valores médios das concentrações ($\mu\text{g/g}$) de Zn, Cr, Cd, Fe e Mn, assim como os valores mínimos e máximos, nos distintos compartimentos dos sedimentos (SA: abaixo da raiz; SR: na região de raiz; SS: sedimento superficial) e das plantas (R: rizoma; T: talo; F: folha; MM: material aéreo morto; MD: material aéreo em decomposição).

Nas Tabs. 3 e 4 estão listados os resultados da análise de metais nos compartimentos de sedimento marinho e *Spartina* reportados na literatura.

Os resultados das concentrações dos metais nos sedimentos das duas estações em estudo (Tab. 1) mostram uma maior concentração nas frações disponíveis, em Coroa Grande que aquelas encontradas em Pedra de Guaratiba. Este aumento é muito mais acentuado para o Zn do que para o Cr e Cd. Para o Fe não houve diferenças consideráveis nas concentrações médias entre os distintos compartimentos nas duas estações, com exceção dos resultados encontrados no SS em Pedra de Guaratiba. Estes resultados apresentaram-se abaixo do esperado e merecem maior atenção. Entretanto os resultados de Mn apresentaram valores maiores em Pedra de Guaratiba, nos sedimentos de raiz e sedimento superficial.

Analisando as distribuições das concentrações médias dos metais no sedimento observa-se que os valores de Zn, Cd e Mn crescem do fundo para superfície e Cr e Fe decrescem. O enriquecimento destes metais na superfície em relação às camadas mais profundas do sedimento, indica a provável importância da deposição destes metais retidos nas partículas em suspensão, considerado como o compartimento transportador de metais na Baía de Sepetiba (LACERDA et al, 1985).

Comparando-se os valores encontrados nos sedimentos de C.G. e P.G. com aqueles de sedimentos de regiões poluídas estudados por outros autores, (Tab. 3), observa-se semelhan

Tabela 1 - Concentração média ($\mu\text{g/g}$) e intervalos de Zn, Cr, Cd, Fe e Mn em compartimentos dos sedimentos dos bancos de *Spartina de Coroa Grande* (C.G.) e *Pedra de Guaratiba* (P.G.); Baía de Sepetiba; Rio de Janeiro.

COMPARTIMENTOS	ESTAÇÕES	Zn	Cr	Cd	Fe	Mn
Sedimento Abaixo das	C.G.	58 (26-110)	3,8 (1,5-5,6)	0,9 (0,2-2,7)	519 (372-590)	60 (43-91)
Raízes (17-32 cm) - SA	P.G.	55 (33-67)	3,6 (1,5-4,2)	0,5 (0,2-0,7)	540 (330-633)	65 (10-163)
Sedimento da Região de	C.G.	104 (2,6-160)	2,5 (1,0-5,4)	2,4 (0,4-3,3)	450 (58-680)	69 (38-172)
Raízes (2-17 cm) - SR	P.G.	62 (2,7-167)	1,7 (0,1-4,0)	1,1 (0,5-2,8)	508 (362-604)	231 (45-365)
Sedimento Superficial	C.G.	170 (145-210)	2,1 (0,7-4,2)	3,3 (2,5-5)	422 (320-615)	71 (43-99)
(0-2 cm) - SS	P.G.	74 (61-260)	1,6 (0,2-7,8)	2,3 (0,6-3,9)	8,1 (1-17)	588 (314-1050)

Tabela 2 - Concentração média ($\mu\text{g/g}$) e intervalos de Zn, Cr, Cd, Fe e Mn, em compar-
 timentos de *Spartina alterniflora* coletada em Coroa Grande (C.G.) e Pe-
 dra de Guaratiba (P.G.); Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro.

Compartimentos	Estações	Zn	Cr	Cd	Fe	Mn
Rizoma	C.G.	272 (198-350)	3,0 (0,2-11)	0,4 (0,1-0,6)	724 (554-1022)	26,0 (16-37,5)
	P.G.	184 (61-260)	5,1 (1,6-8,6)	0,4 (0,1-0,7)	938 (800-1240)	102 (18-290)
Talo	C.G.	61 (53-67)	1,8 (0,7-5,1)	0,5 (0,1-0,7)	192 (103-285)	53 (40-73)
	P.G.	52 (33-69)	1,8 (0,7-4,3)	0,6 (0,1-0,9)	279 (200-400)	101 (43-133)
Polha	C.G.	47 (36-72)	1,6 (1,2-2,5)	0,3 (0,1-0,6)	387 (288-619)	105 (64-158)
	P.G.	43 (34-47)	4,9 (1,1-8,5)	0,4 (0,1-0,9)	562 (444-830)	149 (57-195)
Material Aéreo Morto	C.G.	78 (71-87)	17 (11-22)	0,9 (0,7-0,8)	1802 (1095-2585)	116 (99-149)
	P.G.	75 (61-94)	14 (12-16)	0,8 (0,4-0,9)	2463 (1345-3961)	266 (110-342)
Material Aéreo em Decomposição	C.G.	150 (129-188)	19 (14-21)	0,9 (0,9-1,0)	3954 (2729-7100)	220 (177-315)
	P.G.	134 (110-146)	22 (13-25)	0,8 (0,6-1,1)	7057 (5710-7200)	687 (500-1060)

Tabela 3 - Concentração de metais ($\mu\text{g/g}$) em sedimentos marinhos de outras regiões.

ÁREA	Zn	Cr	Cd	Pb	Mn	AUTORES
Thermaikos Gulf*	31-299	31-107	nd-3,0	-	204-1853	CHESTER and VOUTISINOU (1981)
Pagassitikos Gulf**	21	20			754	CHESTER and VOUTISINOU (1981)
Coroa Grande*	129	28,7	1,9	-	114	LACERDA e ABRÃO (1984)
Pedra de Guaratiba (Enseada das Garças)	20	4,5	0,5	-	41,4	LACERDA e ABRÃO (1984)

* poluída

** não poluída

Tabela 4 - Concentração média ($\mu\text{g/g}$) ou intervalos de Zn, Fe e Mn em tecidos vivos e mortos de *Spartina alterniflora* que colonizam regiões da costa Leste dos Estados Unidos reportados da literatura.

COMPARTIMENTOS	Zn	Cr	Cd	Fe	Mn	AUTORES
Talo + Folha	10-23	-	-	800-8000	45-140	GLEASON et al (1979)
Folha	7-12	-	-	300-2600	30-95	WILLIAMS and MURDOCH (1969)
Material Morto	21	-	-	950	12,0	RICE and WINDOM (1982)
Material em Decomposição	23,9	-	-	3100	786	PELLENBARG (1984)
Material Morto + Material em Decomposição	14-37	-	-	2250-10500	90-420	WILLIAMS and MURDOCH (1969)

ças entre os resultados de Zn e Cd. O Cr entretanto, apresenta níveis que se situam abaixo dos valores reportados para regiões não poluídas, tanto em C.G. como em P.G.. Deve-se ressaltar que a metodologia empregada pelos dois autores reportados na Tab. 3, para a extração dos metais dos sedimentos ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (3:1) e HCl 0,5 M) é mais agressiva que aquela utilizada neste trabalho que empregou a técnica de extração de metais que libera as formas de metais que não estão associados a matriz geológica dos sedimentos, estando assim mais disponíveis para as trocas com o meio e possível absorção vegetal (FIZMAN et al, 1985). Além disto os autores utilizam a fração do sedimento de diâmetro menor que 63μ , comprovadamente com uma capacidade de concentração de metais maior que as outras frações do sedimento.

Os resultados contidos na Tab. 2 mostram que os três compartimentos das plantas que apresentam as maiores concentrações em ordem decrescente são: MD, MM e R para Cromo e Ferro; R, MD e MM para o Zinco; MD, MM e T para o Cádmiio e MD, MM e F para o Manganês.

A intercomparação entre os resultados das concentrações médias dos metais nas diferentes partes da *Spartina* mostrou que o Fe e principalmente o Mn estão mais concentrados nos compartimentos da população de P.G. em relação aquela de C.G.. No caso do Cr as folhas coletadas em P.G., apresentam maiores concentrações que aquelas coletadas em C.G., durante os meses amostrados.

De um modo geral as diferenças de concentração dos metais nas várias partes das plantas coletadas nas duas estações (Tab. 1), não parece refletir as diferenças nas concentrações encontradas nos sedimentos da região de raiz e sedimento superficial, com excessão dos resultados de Mn.

Os valores de concentração de Zn nas gramíneas encontrados na literatura (Tab. 4) são inferiores em relação aqueles encontrados neste estudo. Para o Mn, de um modo geral, os resultados das análises de planta da Baía de Sepetiba são mais elevados. O Ferro, por outro lado, apresenta valo-

res semelhantes aqueles encontrados na literatura.

Os valores de concentrações de Cr e Cd nas plantas de C.G. e P.G. não puderam ser comparados com outros trabalhos devido às diferenças entre as fontes de lançamento dos metais que contaminam aqueles ambientes e as fontes que ocorrem na Baía de Sepetiba.

O material morto e o material em decomposição foram aqueles que, de um modo geral, apresentaram os maiores valores de concentração para todos os metais nos dois sistemas (Tab. 2). Estudos realizados sob condições ambientais ou de laboratório com esta planta, mostram que o tecido aéreo morto da planta contém quantidades de metais maiores que aquelas encontradas nos tecidos vivos que lhe deram origem. Os tecidos mortos quando liberados pela planta sofrem novos incrementos de metais durante os processos de decomposição, oriundos do sedimento e água devido a processos de adsorção, precipitação e de atividades microbianas, como por exemplo: redução de sulfatos (ODUM e DRIFMEYER, 1978; WILLIAMS e MUNDOCH, 1969). Como comprovação desta linha de raciocínio resultados obtidos da literatura a partir de extrações sequenciais em tecidos de *Spartina* em decomposição mostram que a 95% de Ni, Cr, Zn, Fe e Mn estão associados as fases trocáveis e oxidáveis deste compartimento (PELLENBARG, 1984).

A *Spartina alterniflora* tem sido apontada como sustentadora de cadeias alimentares do tipo detritívora, devido à grande produção e liberação de material orgânico em decomposição (MD), o qual apresenta um conteúdo calórico e quantidades de proteínas superiores aos tecidos vivos das plantas (DE LA CRUZ, 1974).

Porém a disponibilidade efetiva de tecido em decomposição para as cadeias alimentares aquáticas depende de processos que promovam a exportação deste material do alagado para o sistema marinho. Os fluxos de metais pesados, nutrientes e outras substâncias entre alagados marinhos e o estuário tem sido analisados por diversos autores, porém os resultados ainda são pouco conclusivos ou mesmo contraditório-

rios (NIXON, 1980).

Os resultados de concentração de metais obtidos nos compartimentos vivos das plantas em Coroa Grande e Pedra de Guaratiba, mostraram variações ao longo do período analisado. A variação na composição mineral das plantas é atribuída a processos de absorção e exclusão seletiva de minerais que dependem da variação ambiental e diferenças fisiológicas das espécies, promovendo variações sazonais e geográficas (GARTEN et al, 1977; TIFFIN, 1977; GLEASON et al, 1979; DRIFMEYER e REDD, 1981). A fim de caracterizar tais fenômenos nas populações analisadas, as variações de concentração observadas encontram-se em fase de análise.

A Fig. 2 mostra os coeficientes de distribuição (Kd) obtidos a partir das relações entre as concentrações dos metais nos compartimentos estudados (R/SR, T/R, F/T, MM/F; MD/MM; SS/MD).

Para os cálculos de (Kd) foram tomadas como referência inicial os resultados de metais contidos nas frações disponíveis no sedimento (FISZMAN et al, 1985) e passíveis de serem absorvidos pelas plantas através das raízes. Entretanto têm-se descrito que angiospermas aquáticos apresentam processos de absorção mineral tanto radicular quanto foliar (SCHROEDER e TORHAUG, 1980). A possível contribuição no conteúdo de metais nas plantas, através da absorção foliar não foi considerada neste trabalho.

De um modo geral, os coeficientes obtidos entre os diversos compartimentos de C.G. são similares àqueles obtidos para os compartimentos de P.G. (Fig. 2), indicando que o comportamento referente ao translocamento de metais dentro da planta independe da sua localização geográfica. Entretanto a distribuição de Cr nas plantas gerou um (Kd) para a relação F/T 3 vezes maior para P.G. e um (Kd) MM/F cerca de 3 vezes maior para C.G.. Estes valores de (Kd) refletem um aumento significativo da concentração de Cr nas folhas coletadas em P.G., no período de julho a dezembro de 1984, o que pode ser atribuído a diferenças no padrão de

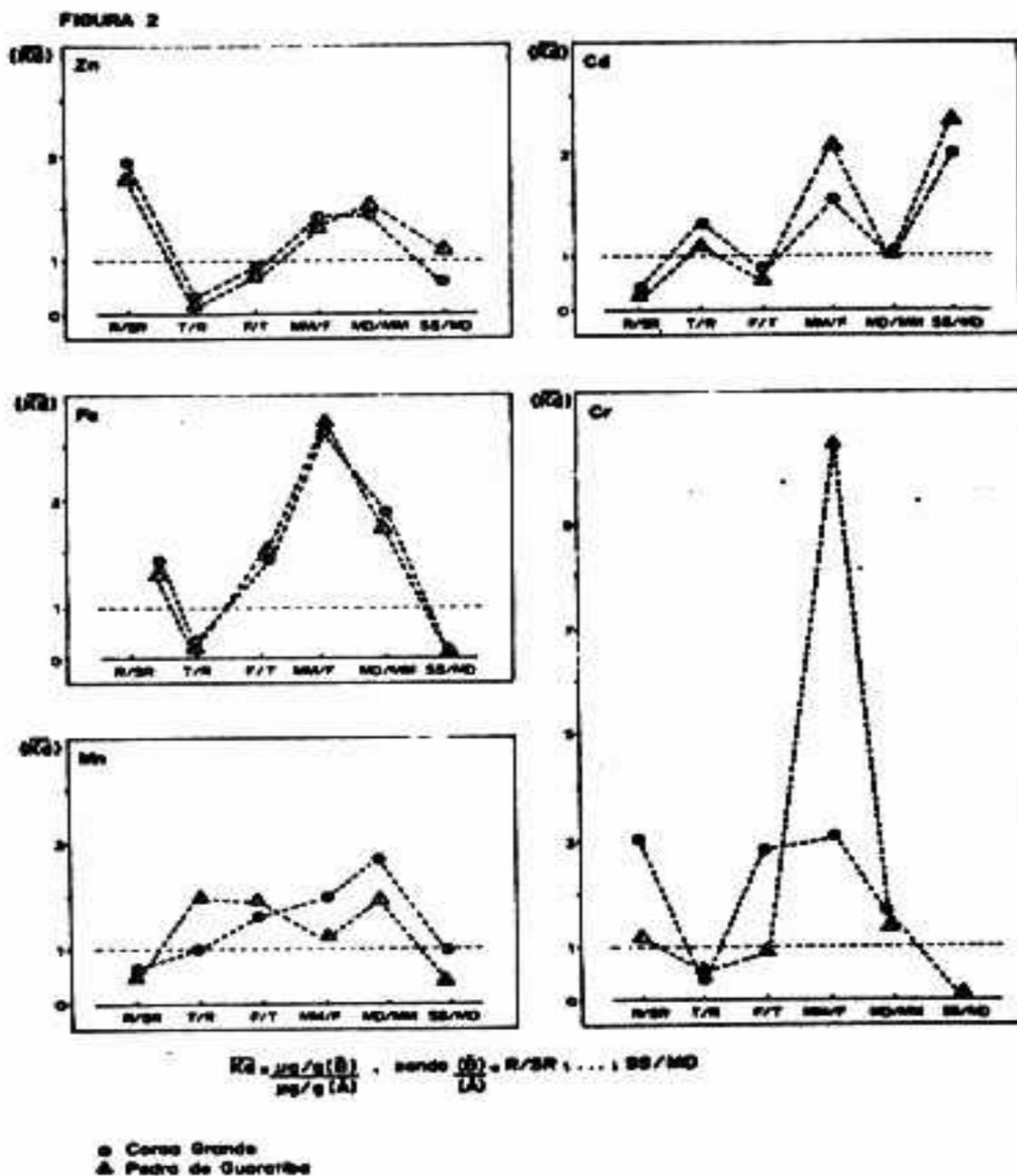


Figura 2 - Relação entre as concentrações dos metais Zn, Cd, Fe, Mn e Cr (Kd) nos compartimentos sedimento da região de raiz (SR), rizoma (R), talo (T), folha (F), material aéreo morto (MM), material aéreo em decomposição (MD), coletados em Coroa Grande (C.G.) e Pedra de Guaratiba (P.G.).

crescimento observado nesta população quando comparada com a população de C.G.

As dispersões dos coeficientes de distribuição (K_d) em torno do $K_d=1$ (Fig. 2) são similares entre o Zn, Fe e Cr, apresentando concentrações nos rizomas em relação ao SR, diluição na relação (T/R), concentração para as demais relações entre os compartimentos bióticos e diluição entre a relação (SS/MD). Entretanto deve-se ressaltar que o método de extração empregado para a análise do compartimento MD é mais agressivo que aquele empregada para SS, como descrito em materiais e métodos. Cd porém apresenta uma relação (SS/MD) diferente dos demais metais, com valores de K_d maiores que μm . Os resultados de (K_d) para o Mn diferem dos demais metais.

Os resultados de (K_d) mostraram novamente que há um acúmulo de metais nos tecidos mortos e em decomposição, possibilitando a incorporação, dos metais estudados, nas cadeias alimentares detritívoras.

O estudo realizado nas duas comunidades de *Spartina alterniflora*, de julho a dezembro de 1984, em Pedra de Guaratiba e Coroa Grande, localizadas antes e após os lançamentos dos efluentes industriais, permite concluir que:

- As concentrações de Zn e Cd nos sedimentos de C.G. e P.G. foram similares àqueles reportados na literatura, para áreas sob impacto industrial.
- As concentrações de Cr, nas duas áreas em estudo, estão abaixo dos níveis encontrados para áreas não poluídas.
- As concentrações de Zn, nos diversos compartimentos das plantas em C.G. e P.G. estão acima dos níveis encontrados na literatura, embora quando se compara os resultados de Zn, obtidos nos diversos compartimentos das plantas, nas duas estações, observa-se que estes foram similares.

- O Mn é o único elemento que apresenta diferenças significativas de concentração entre os compartimentos das plantas, provenientes das 2 estações, talvez devido a diferenças geológicas de formação dos sedimentos. Isto foi confirmado pelos valores mais altos de Mn em sedimentos de P.G.
- Os compartimentos das plantas que apresentaram as maiores concentrações de metais foram o MD e MM tanto em C.G. como em P.G., comprovando estudos da literatura sobre esta espécie de planta. Tais estudos tem apontado estas plantas como fonte potencial de metais para as cadeias alimentares.
- Os coeficientes de distribuição (Kd), mostraram um comportamento de translocação de metais muito semelhante, entre os diversos compartimentos de C.G. e P.G. e confirmaram um acúmulo de metais nos compartimentos MM e MD em relação aos demais. Tais resultados indicam também que a localização geográfica das duas populações parece não interferir nos processos de absorção e transito de metais dentro das plantas.

Finalmente, para complementação do trabalho:

- Os resultados das concentrações de metais nos diversos compartimentos da *Spartina* de C.G. e P.G., anteriormente discutidos, juntamente, com aqueles que estão sob análise, serão estudados estatisticamente no sentido de verificar a ocorrência de variação sazonal.
- Os períodos de ocorrência preferencial de formação de tecidos novos e liberação de tecidos mortos e em decomposição, estão sendo analisados a fim de se determinar os níveis de metais potencialmente disponíveis para as cadeias alimentares da Baía de Sepetiba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAPMAN & PRATT. Methods of analysis for soil and waters. Berkeley, Ca., Univ. of California Press, 1961.
- CHESTER, R. & VOUTSINO, F.G. The initial assesment of trace metal pollution in coastal sediments. Man. Pollut. B., 12: 84-91, 1981.
- DE LA CRUZ, A.A. Proximate nutritive value changes during decomposition of salt marsh plants. B. Ecol. Soc. Am., 55: 475-80, 1974.
- DRIFMEYER, J.E. & REDD, B. Geografic variability in trace element levels in *Spartina alterniflora*. Est. Coast. Sci., 13: 709-16, 1981.
- DRIFMEYER, J.E. & RUBLEE, P.A. Mn, Fe, Cu and Zn in *Spartina alterniflora* detritus and microorganisms. Bot. Mar., 24: 251-6, 1981.
- FISZMAN, M.; PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D. Comparison of methods used for extraction and geochemical distribution of heavy metals in bottom sediments from Sepetiba Bay, RJ. Environ. Tech. Lett., 5: 567-75, 1985.
- GALLAGHER, L.J. & KIBBY, H.V. Marsh plants and vectors in trace metal transport in Oregon tidal marshes. Amer. J. Bot., 67: 1069-74, 1980.
- GARTEN JR, C.T.; GENTRY, J.B.; SHARITZ, R.R. An analysis of elemental concentration in vegetation bondering a southeastern United States coastal plain stram. Ecology, 58: 979-92, 1977.
- GLEASON, M.L.; DRIFMEYER, J.E.; ZIEMAN, J.C. Seasonal and

- emphasis on modeling. New York, 1980. p. 437-525.
- ODUM, W.E.; DRIFMEYER, J.E. Sorption of pollutants by plant detritus: a review. Environ. Health Perspec., 27: 133-7, 1978.
- PELLENBARG, R.E. On *Spartina alterniflora* litter and the trace metal biogeochemistry of a salt marsh. Est. Coast. Sci., 18: 331-46, 1984.
- PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D.; FISZMAN, M.; LIMA, N.R.W. Metais pesados no pescado na Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, RJ. Ci. e Cult., 37: 297-302, 1985.
- RAGSDALE, H.L. & THORHAUG. Trace metal cycling in the U.S. coastal zone: a synthesis. Amer. J. Bot., 67: 1102-12, 1980.
- RICE, D.L. & WINDOM. Trace metal transfer associated with the decomposition of detritus derived from estuarine macrophytes. Bot. Mar., 25: 213-23, 1982.
- SCHROEDEN, P.B. & THORHAUG, A. Trace metal cycling in tropical-subtropical estuaries dominated by the seagrass. *Thalassia testudinum*. Am. J. Bot., 67: 1075-88, 1980.
- TIFFIN, L.O. The form and distribution of metals in plant: an overview. In: Biological implications of metals in the environment. s.i., 1977. p. 315-34. (Erda Symposium Serie).
- WILLIAMS, R.B. & MURDOCH, M.B. The potential importance of *Spartina alterniflora* in conveying Zn, Mn and Fe into estuarine food chains. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON RADIO-ECOLOGY. Ann Arbor, 1969. Proceedings ... Ann Arbor, Ann Arbor Science, 1969. p. 431-9.

ENDEREÇO DOS AUTORES

LIMA, N.R.W.; PFEIFFER, W.C. e FISZMAN, M.
Laboratório de Radioisótopos
Instituto de Biofísica
Universidade Federal do Rio de Janeiro
21941 Rio de Janeiro - RJ

