

## **OCOLOGIA BRASILIENSIS**

Saavedra, L.; Dornelles, L.M.A.; Santos, S. B.; Absalão, R.; Anjos, S.M.C.; Melo, G.V.; Stanton, N.S.G.; Fonseca, E.M.; Lima, L.M.; Küsel, E.T.; Ribeiro, E.O.; Lazillotta, A.A.A. & Esteves, F.A.. 1999. Caracterização oceanográfica da plataforma continental interna adjacente ao Cabo Frio - RJ, no inverno de 1995. pp. 245-271. In Silva, S.H.G. & Lavrado, H.P. (eds). *Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro*. Série Oecologia Brasiliensis. vol. VII. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

---

# **CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE AO CABO FRIO - RJ, NO INVERNO DE 1995**

SAAVEDRA, L.; DORNELLES, L.M.A.; SANTOS, S. B.; ABSALÃO, R.; ANJOS, S.M.C.; MELO, G.V.; STANTON, N.S.G.; FONSECA, E.M.; LIMA, L.M.; KÜSEL, E.T.; RIBEIRO, E.O.; LAZILLOTTA, A.A.A. & ESTEVES, F.A..

## **Resumo**

O corpo lamoso da plataforma continental adjacente ao Cabo Frio (RJ-Brasil) está sendo formado por sedimentos oriundos principalmente do rio Paraíba do Sul e baía de Guanabara. O objetivo deste trabalho foi determinar a distribuição das massas d'água, correntes, material em suspensão e de Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn nos sedimentos de fundo da plataforma continental adjacente ao Cabo Frio, em associação com a matéria orgânica, carbonato de cálcio, partículas finas e organismos. As massas d'água identificadas foram a Água Costeira e a Tropical. A mineralogia do material em suspensão na Água Costeira apresentou predomínio de argilominerais, seguido de quartzo, pirita, k-feldspato e siderita. As correntes de fundo indicaram transporte de sedimentos em direção à costa antes da chegada da frente fria, e em direção ao largo após sua passagem. Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn correlacionaram-se positivamente com as partículas finas (< 0,062 mm) e matéria orgânica. A abundância de moluscos está relacionada a taxas maiores de CaCO<sub>3</sub>, matéria orgânica e de cádmio. *Nucula semiornata*, *Adrana patagonica* -detritívoros- e *Corbula patagonica* -filtradores- (Bivalvia), destacam-se no perfil I e podem ser usados como monitores biológicos para a região.

Palavras-chave: metais pesados, massas d'água, material em suspensão, plataforma continental de Cabo Frio, moluscos.

## **Abstract**

**"Oceanographic characterization of inner continental shelf near Cabo Frio-RJ, in the winter of 1995"**

The muddy sediments of the continental shelf near to Cabo Frio (RJ-Brazil) are principally being formed by sediments coming from Paraíba do Sul river and Guanabara bay. The purpose of this work was to determine the distribution of water masses, currents, suspended material and Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn, in the bottom sediments of the continental shelf near to Cabo Frio, in association with organic matter, calcium carbonate, fine particles and organisms. The water masses identified were Coastal and Tropical Water. The mineralogy of suspended material in the Coastal water showed predominance of clay minerals followed by quartz, pyrite, k-feldspar and siderite. The bottom currents indicated predominantly sediment transport toward coast before passage of the cold front, and to offshore after this. Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn correlated positively with fine particles (< 0,062 mm), organic matter and calcium carbonate. Molluscs abundance is related to higher rates of CaCO<sub>3</sub>, organic matter and cadmium. *Nucula semiornata*, *Adrana patagonica* -detritivorous- and *Corbula patagonica* -filter-feeding- (Bivalvia), are abundant on line I and could be used as biologicals monitors to the studied region.

Key-words: heavy metals, water masses, suspended material, continental shelf of Cabo Frio, molluscs

## Introdução

Estudos sobre dinâmica sedimentar, bem como metais pesados associados ao levantamento das condições hidrodinâmicas em áreas costeiras, tem sido realizados por Shideler (1978), McLaren (1981), Boniforti (1983) e USGS (1997), entre outros.

Subsídios para a implementação de políticas mais eficazes na gestão da poluição ambiental no Estado do Rio de Janeiro, foram fornecidos pelo Banco Mundial (1996), com base num diagnóstico relativo aos sérios problemas ambientais do mesmo. As regiões abrangidas neste estudo foram as baías de Guanabara (poluída por descargas industriais e de esgotos) e Sepetiba (poluição industrial), rio Paraíba do Sul (poluição industrial e doméstica), praias de oceanos e de lagos (esgotos), bem como a região norte do Município do Rio de Janeiro e Baixada Fluminense (poluição atmosférica). Neste contexto é sugerida a atualização dos sistemas de monitoramento e de informações ambientais que visem avaliar sistematicamente as emissões de poluentes e seus impactos no meio ambiente.

Estudos recentes na plataforma continental interna de Cabo Frio foram realizados por Dornelles (1993) e Saavedra (1994), e o intercruzamento dos resultados obtidos conduziu a um prognóstico preocupante de sua situação ambiental, tendo em vista que os principais fluxos sedimentares responsáveis pela deposição atual de sedimentos finos próximos a Cabo Frio (corpo lamoso), são oriundos da Baía de Guanabara e rio Paraíba do Sul (Dornelles & Saavedra, 1995).

Saavedra & Muehe (1994), ao estudarem a dinâmica sedimentar na plataforma continental interna entre a ilha do Cabo Frio e cabo Búzios, confirmaram a existência de depósitos de lama próximos à costa, sendo o principal localizado a norte da referida ilha. A distribuição sedimentar foi considerada particular, uma vez que em profundidades mais rasas, a ação de ondas e de correntes litorâneas impede a decantação de partículas finas. O fato de Muehe & Carvalho (1993) não terem observado tal comportamento nas mesmas profundidades entre Maçambaba e Cabo Frio, a sul da citada região, intensifica a peculiaridade apontada. Ao aplicarem o modelo de McLaren (1981), este mostrou que o corpo lamoso está sendo formado por duas populações sedimentares distintas. A primeira vem de norte, tendo como prováveis fontes os rios São João, Macaé e, principalmente, Paraíba do Sul, quando do estabelecimento de correntes de deriva de NE geradas por ventos de mesma direção, mais freqüentes na região. A segunda estaria vindo de maiores profundidades onde ocorre a existência de um grande depocentro originado, provavelmente, por fluxos sedimentares oriundos da baía de Guanabara e do rio Paraíba do Sul, conforme sugerido por Dias *et al.* (1982). Tais sedimentos estariam sendo ressuspensos por ocasião do estabelecimento da ressurgência (Silva, 1973), e conduzidos por vórtices associados até a região estudada.

Estudos dirigidos em regiões impactadas mostram que os níveis de metais em sedimentos marinhos são afetados por processos biológicos, atividades antropogênicas, variações sazonais e variações espaciais (Villa, 1988).

O Mar do Norte, por receber quantidades expressivas de poluentes, é uma das áreas mais bem estudadas do mundo, fazendo parte de seu inventário estimativas das cargas anuais de poluentes, avaliação da deposição atmosférica, levantamento das contribuições costeiras e das condições hidrodinâmicas (Salomons *et al.*, 1988).

A contaminação por metais pesados na costa brasileira, tem sido associada ao desenvolvimento urbano e industrial, com concentração extremamente elevada entre os Estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina (Pfeiffer *et al.*, 1986).

Conforme Knoppers & Pollehne (1991), as águas costeiras do Estado do Rio de Janeiro recebem metais pesados, nutrientes e partículas inorgânicas provenientes, por exemplo, da baía de Guanabara, decorrente de atividades portuárias, de refinaria de óleo e descarga de efluentes, e do rio Paraíba do Sul, que exporta material em suspensão e metais pesados, por possuir indústrias químicas ao longo de seu curso.

Dornelles (1993), ao estudar os metais associados aos sedimentos de fundo da plataforma continental adjacente à costa sul do Estado do Rio de Janeiro, observou que, embora não tenham sido encontrados níveis críticos de contaminação na região, no setor Ponta Negra - Cabo Frio, Cr, Cu, Fe, Pb e Zn apresentaram níveis mais elevados próximos a Cabo Frio, existindo correlação positiva destes metais com fração fina (< 0.0062 mm), matéria orgânica e carbonato de cálcio. Carvalho *et al.* (1993a) observaram concentrações elevadas de metais pesados nos sedimentos da borda do talude em frente à desembocadura do Rio Paraíba do Sul, associadas a óxidos de ferro e manganês, minerais de argila e matéria orgânica planctônica.

Os moluscos *Bivalvia* têm sido utilizados como bioindicadores para metais pesados, além de outros organismos (Bryan *et al.*, 1980; Pfeiffer *et al.*, 1985; Rezende & Lacerda, 1986; Lacerda *et al.*, 1987; Carvalho *et al.*, 1993b). Entre os moluscos utilizados como bioindicadores ou biomonitores, ressaltamos **Crassostrea brasiliiana**, **Perna perna** e **Anomalocardia brasiliiana**, que, por serem filtradores de material particulado em suspensão (o principal carreador de metais pesados), têm apresentado concentrações elevadas de alguns metais, especialmente Cd, Zn, Cu e Mn (Carvalho *et al.*, 1993b; ALERJ, 1996). Segundo Fowler (1982) e Pfeiffer *et al.* (1985), os organismos marinhos, entre eles os moluscos, constituem a principal via de exportação de metais pesados do ambiente marinho, podendo atingir o homem via cadeia alimentar.

Em decorrência destes fatos, tornou-se necessária a realização de trabalhos integrados visando estudos sobre o aporte de metais pesados na região de

Cabo Frio e suas associações com as partículas finas, matéria orgânica e carbonato de cálcio, bem como a identificação de moluscos objetivando apontar espécies que possam vir a ser utilizadas num futuro monitoramento da região.

Neste trabalho são apresentados os resultados da campanha de inverno, realizada entre 13 e 23 de junho de 1995 a bordo do N.Oc. Antares, da Diretoria de Hidrografia e Navegação / MM, referentes ao projeto "Monitoramento do corpo lamoso localizado na plataforma continental interna adjacente ao Cabo Frio - RJ".

Foram recolhidas com o propósito geral de realizar uma caracterização oceanográfica da região naquela ocasião, informações sobre a distribuição espacial dos metais pesados nos sedimentos e suas associações com a matéria orgânica, carbonato de cálcio, fração fina e moluscos, especialmente bivalvos (identificação de possíveis monitores biológicos), caracterização das massas d'água, correntometria e material particulado em suspensão (mineralogia e distribuição espacial das concentrações totais e das frações orgânica e inorgânica).

## Material e Métodos

### *Sedimentos superficiais de fundo*

Amostras de sedimentos superficiais de fundo foram obtidas, com busca-fundo van- Veen ( $1/10 \text{ m}^2$ ), em 54 estações (Figura 1). De cada 50g de amostra foram eliminados os sais solúveis, a matéria orgânica ( $\text{H}_2\text{O}_2$  a 10 %) e os carbonatos de cálcio (HCl a 30 %). A fração grossa ( $>0,062 \text{ mm}$ ) foi peneirada a seco, sendo a fina ( $<0,062 \text{ mm}$ ) separada a úmido, sofrendo posterior pipetagem (Suguio, 1973).

Os métodos de digestão ácida (Boniforti, 1983; Lacerda *et al.*, 1987; Dornelles *et al.*, 1997) utilizados para a determinação dos teores de metais nos sedimentos foram a lixiviação com HCl 0,1 N (fração móvel) e ataque forte (Taylor, 1979; Ward & Young, 1981; Hershelman *et al.*, 1981; Talbot & Chewidden, 1983; Dornelles *et al.*, 1997) com HCl +  $\text{HNO}_3$  na proporção de 3:1 (fração potencialmente móvel). Extratos, em duplicata, foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica convencional de chama para Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) para o Fe, e em mg/g de peso seco para os demais metais. Coeficientes de correlação linear de Pearson (Tabela II), com um t de Student com n-2 graus de liberdade, ao nível de 5% de significância ( $P < 0,05$ ), foram calculados com base nos resultados obtidos, referentes às concentrações de metais e aos percentuais de matéria orgânica, carbonato de cálcio e fração fina (Groot & Zschuppe, 1981; Jickells & Knap, 1984).

Os moluscos, triados manualmente sob binocular estereoscópica, foram identificados por comparação com a bibliografia (Rios, 1994) e com a coleção de moluscos da UFRJ. Os dados ora apresentados referem-se aos moluscos presentes

nos perfis 1 e 6, os limites da área em estudo (Figura 1). Todos os moluscos, incluindo conchas e exemplares com partes moles, ou seja, vivos no momento da coleta, foram utilizados. Absalão *et al.* (neste volume) demonstraram que a utilização de moluscos coletados mortos como base para o estabelecimento de associações e caracterizações de áreas é viável. Na Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana, Macaé, RJ, ao compararem os dados provenientes das associações obtidas com moluscos coletados vivos aos dados provenientes de associações de moluscos coletados mortos, apenas 6% das estações tiveram suas associações com as outras alteradas .

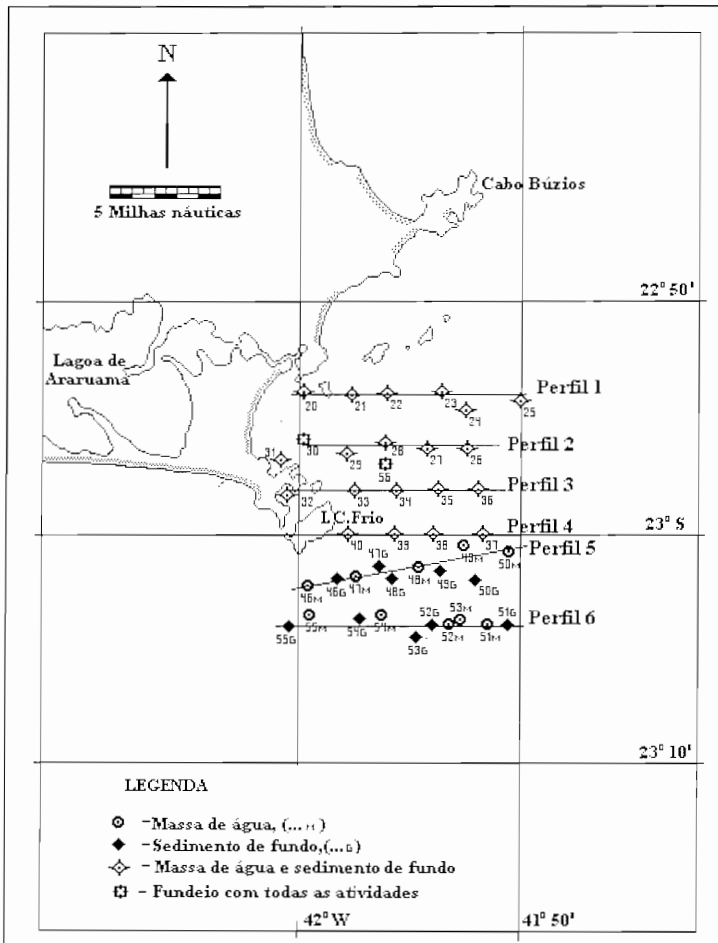


Figura 1 - Mapa de localização da área e das estações de amostragem.

### Massas D'água

Os dados de temperatura e salinidade foram adquiridos de cinco em cinco metros ao longo da coluna d'água com o CTD SBE-9, armazenados e tratados com o *software* SEASOFT v: 4.208, e as massas d'água classificadas segundo gabarito empregado na bacia de Campos - RJ por Tommasi *et al.* (1994). Os intervalos de salinidade e temperatura utilizados na definição das principais massas d'água ocorrentes na região, bem como suas misturas, são apresentados na Tabela I.

Tabela I: Intervalos de salinidade e temperatura empregados na classificação das massas d'água, segundo Tommasi *et al.* (1994).

MASSAS D'ÁGUA	SALINIDADE	TEMPERATURA (°C)
Água Costeira (AC)	< 36	> 20
Água Tropical (AT)	> 36,4	> 20
Água de mistura (AC/AT)	36 < S < 36,4	> 20
Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	< 36	< 18
Água de mistura (AC/ACAS)	< 36	18 < T < 20
Água de mistura (AT/ACAS)	36 < S < 36,4	18 < T < 20

### Correntometria

Informações de direção e velocidade das correntes marinhas foram obtidas nas estações de fundeio 30 e 56 (Figura 1), na camada superficial, 20 metros de profundidade e a 1 metro do fundo, utilizando-se correntômetros SENSORDATA SD 3000.

### Material particulado em suspensão

O material foi coletado através de garrafas de Niskin com cerca de 2 litros de capacidade. Nas estações 30 e 56 (fundeio) amostras de água foram coletadas a 1 e 20 metros de profundidade e a 3 metros do fundo. Nas demais estações oceanográficas apenas a 3 metros do fundo. O método utilizado para determinação qualitativa, em amostras únicas, foi o descrito por Melo *et al.* (1975).

Visando-se o reconhecimento mineralógico do material particulado em suspensão e suas possíveis correlações com as massas d'água, 97 amostras foram agrupadas por diferentes profundidades, maré alta e maré baixa (DHN, 1995). A metodologia de análise seguiu o método preconizado por Pierce *et al.* (1972). A mineralogia do material em suspensão foi associada somente com a massa d'água Costeira, obtida para a região com base no gabarito de Tommasi *et al.* (1994). Foram elaboradas três subdivisões para a Água Costeira: ACEP, referente a Água Costeira vinculada às estações ditas de passagem (grupo de amostras relativo aos filtros das estações 20 a 29, e 31 a 55); ACMA, Água Costeira de maré alta (grupo relativo às

amostras filtradas nas estações de fundeio 30.01 a 30.12, e 56.01 a 56.12, obtidas durante o período de maré alta); e ACMB, Água Costeira de maré baixa (grupo relativo às amostras filtradas nas estações de fundeio 30.01 a 30.12, e 56.01 a 56.12, obtidas durante o período de maré baixa).

## Resultados e Discussão

### *Sedimentos superficiais de fundo*

Os resultados obtidos por Saavedra (1994), em relação à distribuição de matéria orgânica e carbonatos, mostraram núcleos com altas concentrações ao norte da Ilha do Cabo Frio, estando em plena associação com o corpo lamoso por ele estudado. Os resultados obtidos neste estudo mostram núcleos com maiores concentrações a leste da Ilha do Cabo Frio, região esta constituída de lama com areia. Observou-se um decréscimo nas concentrações de matéria orgânica, ou seja, enquanto Saavedra (1994) obteve um núcleo com concentrações maiores do que 9 %, corroborando resultados anteriores obtidos na região por Ottmann & Ottmann (1967/69), a maior concentração situada no núcleo encontrado neste estudo não ultrapassou 4%. As concentrações de  $\text{CaCO}_3$  apresentaram resultados similares (Figuras 2a, 2b e 3).

As diferenças entre os teores de matéria orgânica, obtidos pelos dois estudos, podem estar refletindo o fenômeno de ressurgência costeira (Silva, 1973) que se faz presente na área de estudo, tendo em vista as diferentes estações do ano nas quais foram realizadas as coletas.

Segundo Förstner & Wittmann (1979), todos os materiais finamente granulados e com grande área superficial são capazes de adsorver íons de metais pesados na interação líquido-sólido, como resultado de forças intermoleculares. Argilas, hidróxidos de ferro precipitados recentemente e substâncias orgânicas são capazes de adsorver cátions das soluções e também trocar cátions equivalentes da solução. Os ácidos húmicos de solos apresentam valores de área de superfície específica ( $1900 \text{ m}^2/\text{g}$ ) e capacidade de troca ( $170\text{-}590 \text{ meq}/100\text{g}$ ) superiores ao hidróxido de ferro precipitado recentemente, minerais de argila (montmorilonita > illita > caulinita) e calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).

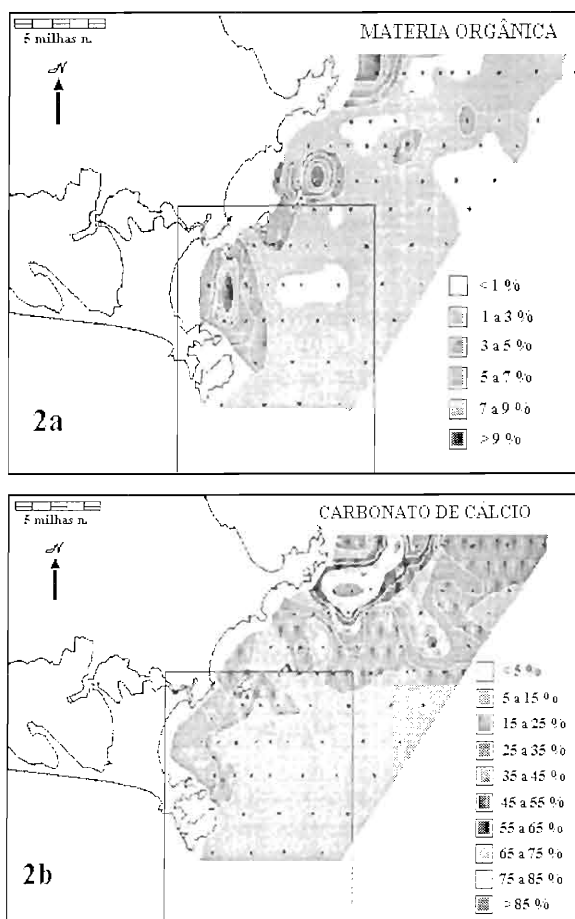


Figura 2: Distribuição espacial da matéria orgânica (Fig. 2a) e do carbonato de cálcio (Fig. 2b) nos sedimentos de fundo, segundo Saavedra (1994). A área do presente estudo encontra-se demarcada no retângulo menor.

Diversos autores (Hershelman *et al.*, 1981; Damiani *et al.*, 1983; Sá Freire *et al.*, 1984; Rosental *et al.*, 1986; Villa, 1988; Carvalho *et al.*, 1993a; Dornelles, 1994; Dornelles *et al.*, 1995; Dornelles *et al.*, 1997), têm estudado o conteúdo de metais não só em sedimentos superficiais de fundo de áreas contaminadas por descargas industriais, como de áreas não impactadas, relatando a associação de metais pesados com óxidos / hidróxidos amorfos ou finamente cristalizados, minerais de argila, substâncias húmicas e carbonato de cálcio. A remoção, por exemplo, de Cr, Fe, Mn, Pb e Zn da água do mar, pode ocorrer por processos de associação com matéria orgânica, fixação pelos organismos marinhos, precipitação e adsorção pelo material



particulado, especialmente os minerais de argila (Sá Freire *et al.*, 1984). Silicatos, matéria orgânica e carbonatos podem competir com óxidos / hidróxidos de Fe e Mn para a coprecipitação, adsorção, complexação e troca iônica de metais traços, sendo que a associação entre Fe, Mn, Zn e Cu representa os óxidos ferromagnesianos e os metais adsorvidos (Villa, 1988).

Neste estudo, as concentrações mais elevadas de Ni (0,95 mg.g<sup>-1</sup>); Fe (0,07 %); Mn (32,5 mg.g<sup>-1</sup>); Zn (2,85 mg.g<sup>-1</sup>) e Pb (3,55 mg.g<sup>-1</sup>), referentes à fração móvel associaram-se às regiões com maiores teores de fração grossa (Figura 4). Com base nas correlações estatisticamente significativas, Mn, Zn, Ni, Pb, Cr e Cd apresentaram correlação média e positiva entre si. Com base nos resultados da matriz de correlação de metais, para a fração potencialmente móvel, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn correlacionaram-se alta e positivamente entre si, sendo que cádmio apresentou correlação média e positiva com Cu (Tabela II). Maiores concentrações de Cd (2,11 mg.g<sup>-1</sup>); Cr (47,93mg.g<sup>-1</sup>); Cu (7,65 mg.g<sup>-1</sup>); Pb (10,51 mg.g<sup>-1</sup>); Zn (55,56 mg.g<sup>-1</sup>); Mn (164,91 mg.g<sup>-1</sup>); Ni (12,19 mg.g<sup>-1</sup>) e Fe (4,60 %), encontram-se associadas às regiões com teores elevados de partículas finas e matéria orgânica (Figura 3).

As altas e significativas correlações de Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn com partículas finas e matéria orgânica indicam que, provavelmente, estes metais encontram-se associados a óxidos e hidróxidos amorfos ou finamente cristalizados, minerais de argila e substâncias húmicas. A correlação alta e positiva de Cd com carbonato de cálcio indica que o referido metal pode estar associado aos carbonatos, tanto na fração grossa como na fração fina.

Segundo Lacerda *et al.* (1982, p. 922), "a determinação de metais pesados em sedimentos marinhos constitui um dado importante para o estabelecimento de critérios de qualidade e controle da poluição em geral".

As concentrações médias obtidas de Cd, Cu, Fe e Zn para a fração móvel, e de Cd, Cr, Cu, Fe e Zn para a fração potencialmente móvel, foram mais elevadas do que as encontradas por Dornelles (1993) em sedimentos da plataforma continental entre Ilha Grande e Cabo Frio - RJ, sendo, contudo, menores do que às detectadas por Carvalho *et al.* (1993a) em sedimentos superficiais de fundo do talude continental próximo à região de Cabo Frio (Tabela III), enquadrando a plataforma continental interna adjacente ao Cabo Frio, na categoria de região com contaminação fraca para cádmio e natural para Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn.

Os resultados obtidos para Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn, consistem em dados de base não só para a região em estudo, como também para posteriores pesquisas em áreas costeiras impactadas, que ainda carecem de valores de *background* em regiões similares. Em relação ao cádmio, sua expressiva associação com carbonato de cálcio, a presença de lançamento de esgotos domésticos na região da Enseada dos Anjos (estação 32); e o fato de ser a região de Arraial do Cabo um importante

local de recreação e pesca, reforçam a recomendação de futuros estudos ambientais, principalmente em termos de monitoramento, visando-se avaliar os níveis e alcances de Cd associados às prováveis fontes poluidoras de origem antropogênica.

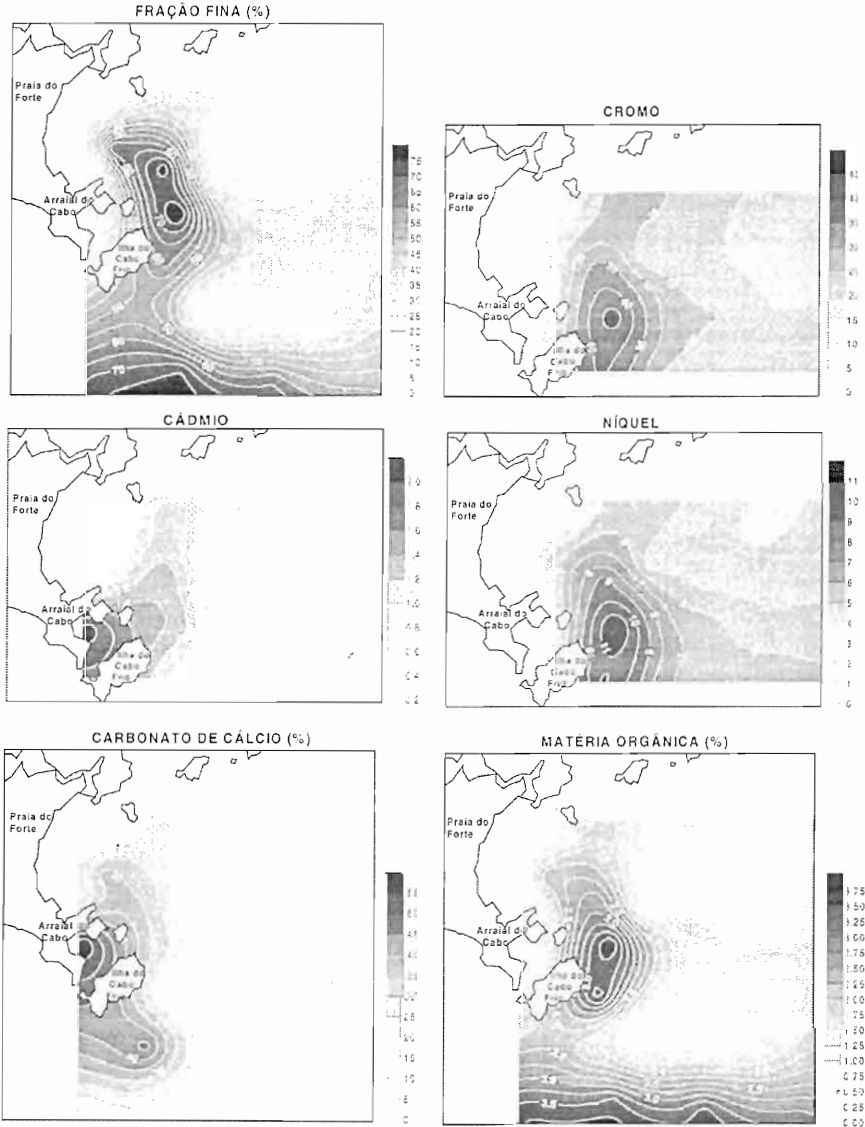


Figura 3 - Distribuição percentual da fração fina, carbonato de cálcio, matéria orgânica e de Cd, Cr e Ni (em mg/g de peso seco), referentes à fração potencialmente móvel.

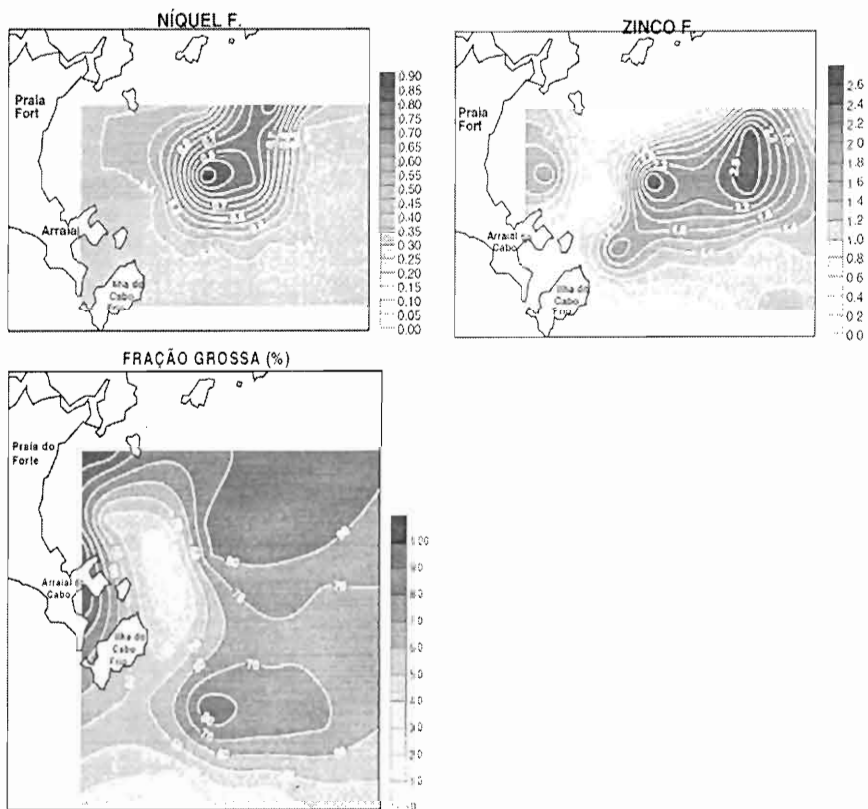


Figura 4 - Distribuição percentual da fração grossa e de Ni e Zn (em mg/g de peso seco), na fração móvel.

Tabela II: Matriz de correlações significativas (Pearson) de metais na fração potencialmente móvel, matéria orgânica (M.O.), fração fina (FF) e carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>).

	Mn <sup>(1)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	Pb <sup>(1)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	Cr <sup>(1)</sup>	Ni <sup>(1)</sup>	Cd <sup>(1)</sup>	MO <sup>(1)</sup>	FF <sup>(2)</sup>	CaCO <sub>3</sub> <sup>(3)</sup>
Mn	1							0,92	0,88	-
Zn	0,83	1						0,78	0,88	-
Pb	0,94	0,93	1					0,89	0,87	-
Cu	0,85	0,77	0,84	1				0,82	0,87	-
Cr	0,99	0,82	0,94	0,88	1			0,91	0,85	-
Ni	0,97	0,89	0,98	0,86	0,97	1		0,93	0,91	-
Cd	-	-	-	0,55	0,40	-	1	0,39	0,37	0,88
Fe	0,92	0,69	0,83	0,84	0,95	0,88	0,49	0,81	0,75	-

P < 0.05; <sup>(1)</sup>n=22; <sup>(2)</sup>n=14 e <sup>(3)</sup>n=19.

Tabela III - Comparação entre concentrações de metais pesados (mg/g de peso seco), na fração potencialmente móvel em sedimentos de fundo da região de Cabo Frio, e áreas naturais ou de contaminação fraca (+), de contaminação moderada (++) e de contaminação alta (+++).

LOCAL	TIPO	Cd	Cu	Cr	Ni	Fe (%)	Mn	Pb	Zn	Ref.
Baía de Sepetiba	++	2,5	38,8	84,4	-	-	301	35,7	288	(1)
Plat. Cont. - RJ	+	0,2	3,3	13,2	-	0,5	96,7	6	10,5	(2)
Golfo de Spencer	+++	0,5 a 267	3 a 122	-	-	-	66 a 1227	2 a 527	11 a 16667	(3)
Rio Paraíba do Sul (mg/kg)	+++ a +++	-	2,1 a 5,0 (x10 <sup>2</sup> )	0,2 a 6,6 (x10 <sup>2</sup> )	1,9 a 13,8 (x10 <sup>2</sup> )	0,3 a 18,8 (x10 <sup>2</sup> )	-	2,4 a 34,5 (x10 <sup>2</sup> )	1,1 a 8,5 (x10 <sup>2</sup> )	(4)
Talude Cont. Cabo Frio	++	-	15 a 29	63 a 84	30 a 36	0,3 a 18,8	-	-	64 a 147	(5)
Presente Estudo	+	0,7	3,6	23	5,5	0,2	77	4,7	24	-

267 = teores elevados; <sup>(1)</sup>Lacerda et al. (1987); <sup>(2)</sup>Dornelles (1993); <sup>(3)</sup>Ward & Young (1981); <sup>(4)</sup>Malm et al. (1989) e <sup>(5)</sup>Carvalho et al. (1993).

### Moluscos

Nas estações do Perfil 1, que variam de 23 a 51 m de profundidade, foram identificadas 33 espécies de Bivalvia e 48 de Gastropoda. No perfil 6, que varia de 74 a 98 m de profundidade, apenas 6 de Bivalvia e 8 de Gastropoda. A figura 5 mostra a distribuição dos moluscos nos perfis e nas estações de coleta do perfil 1.

No perfil 1, há uma predominância de bivalves na estação 20 (arenosa) que contrasta com a predominância de gastrópodes das estações 23 a 25 (areia lamosa). Nas estações 21 a 22, embora as espécies de gastrópodes predominem, o número de bivalves é maior do que nas estações 23 a 25. Comparando-se o perfil 1 com o 6, nota-se um menor número de espécies de moluscos. Esses moluscos estão associados a briozoários, foraminíferos, ofiúros, anfípodes, poliquetas, antozoários e pequenos peixes. No perfil 6, de fundo lamoso, há predominância de ofiuróides, com pelo menos duas espécies distintas.

A distribuição dos bivalves está de acordo com o que se conhece sobre a biologia dessas espécies (Rios, 1994). Ressaltamos a abundância, no perfil 1, de **Nucula semiornata** (Nuculidae) e **Adrana patagonica** (Nuculanidae), que habitam preferencialmente fundos areno-lamosos, lamo-arenosos ou biodetríticos. **Corbula patagonica** (Corbulidae), presente com abundância no perfil 1 e no perfil 6, indica fundos areno-lamosos, ocorrendo entre 15 e 90 m de profundidade. **Nucula puelcha** (Nuculidae) foi encontrada apenas no perfil 6, sendo espécie que pode atingir 1850 m de profundidade, em fundos lamo-arenosos. **Poromya cymata** (Poromyidae), presente na estação 23 (45 m) amplia sua distribuição vertical, certamente associada ao tipo de fundo da região em estudo, uma vez que este bivalvo habita fundos lamosos entre 72 a 110 m de profundidade (Rios, 1994).

Em relação aos gastrópodes, destacamos a abundante presença no perfil 1 de **Teinostoma cocolitoris** (Vitrinellidae), **Natica pusilla** (Naticidae), **Epitonium maury** (Epitoniidae), **Nannodiella vespuciana** (Turridae), **Turbonilla** sp. (Pyramidellidae), e especialmente **Acteocina candei** (Cylichnidae) e **Pyruncullus coelatus** (Retusidae), indicadores de fundos lamosos ou lamo-arenosos.

As conchas estão bem preservadas, íntegras, com baixo grau de fraturamento e de arredondamento, evidenciando deposição atual em região de baixa energia. O maior número de espécies (44), especialmente os bivalves, concentra-se nas estações 21 e 22, estando associados a uma taxa maior de  $\text{CaCO}_3$ , matéria orgânica e de metais pesados (cádmio). No caso de sedimentos ricos em carbonato de cálcio, os processos de acumulação de metais pesados podem ocorrer pela incorporação do (ou adsorção no) material da concha durante e após o crescimento, e também através de substituição isomórfica do cálcio divalente por elemento com raio iônico e carga similar (Talbot & Chegwidde, 1983). A abundância de Nuculidae e Nuculanidae, detritívoros que se alimentam diretamente da matéria orgânica presente no sedimento, e de Corbulidae, um táxon filtrador que recolhe alimento em suspensão próximo ao substrato e que ocorre sempre associado a sedimentos lamosos, torna essas espécies acumuladoras potenciais desses metais. Como foram coletadas vivas, devem ter seu potencial como bioindicadores considerado.

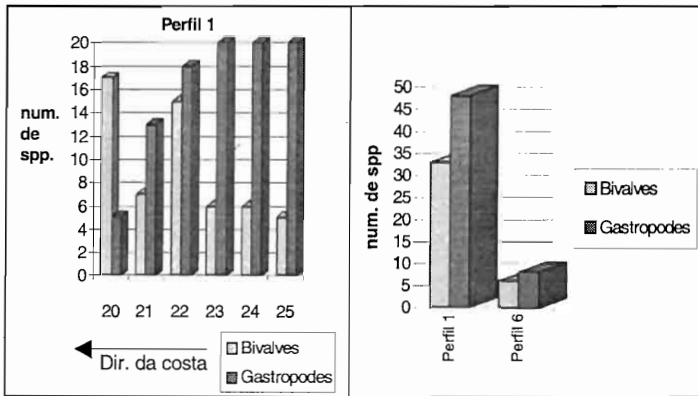


Figura 5 - Distribuição do número de espécies dos Gastropoda e Bivalvia nas estações dos perfis 1 e 6.

### *Massas D'água*

Garfield (1990) ao estudar a corrente do Brasil utilizando imagens de satélite e dados hidrográficos, constatou que a mesma acompanha a quebra da plataforma continental. Ao sul do Cabo São Tomé até Cabo Frio, no entanto, ela avança em direção à costa, não tendo sido determinado até que profundidade na plataforma continental a corrente chegava.

Com base na distribuição espacial das massas d'água, pôde-se confirmar o fato de que a Água Tropical, diretamente associada à Corrente do Brasil, chega até 40 metros de profundidade, ocupando boa parte da plataforma continental. Nos perfis transversais à costa (Figuras 1 e 6), observa-se que a Água Tropical se aproxima da costa pelos perfis 1, 2, 5 e 6. Nos perfis 3 e 4 é observada somente a presença da Água Costeira, que predominou na região.

Tais resultados se apresentam coerentes com a situação de inverno, ou seja, com o não aparecimento da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), massa d'água que aflora à superfície esporadicamente dependendo da intensidade e frequência de ventos de NE (ressurgência costeira), mais atuantes na primavera e verão (Silva, 1973; André, 1990; Lorenzetti & Tanaka, 1990; Kampel *et al.*, 1997).

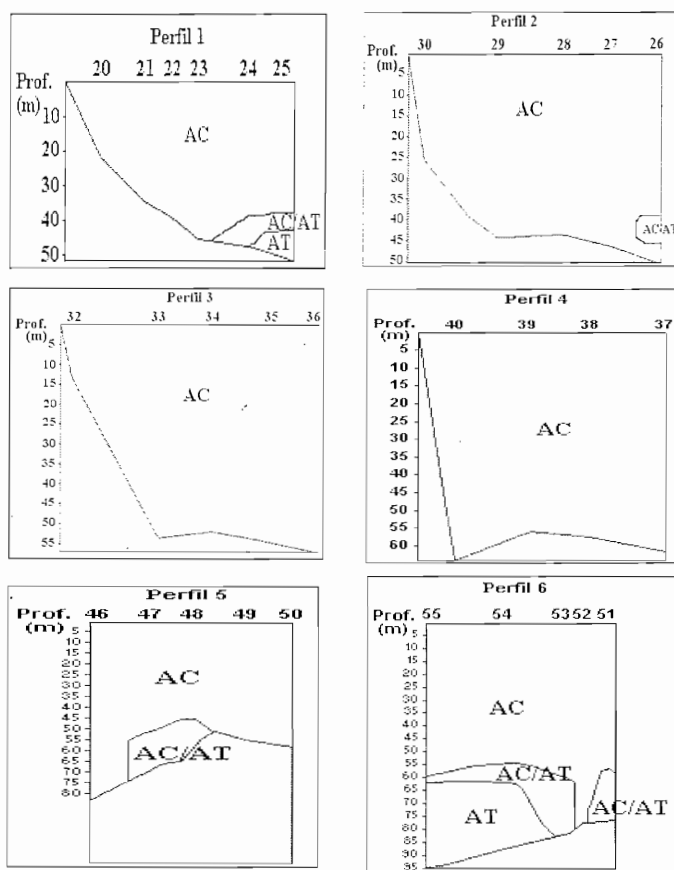


Figura 6 - Distribuição vertical das massas d'água identificadas pelo gabarito proposto por Tommasi *et al.* (1994), nos perfis transversais à costa. (AC- Água Costeira. AT- Água Tropical, AC/AT- Água de Mistura).

### *Correntometria*

A análise dos resultados nos permite observar que não houve velocidades superiores a 10 cm/s nos três níveis de profundidade da estação de fundeio 30 (Figura 7).

O fluxo da corrente em 3 metros de profundidade, nas velocidades de 0 a 5 cm/s, estava se dirigindo para W e SW com maior predominância, apesar de apresentar fluxos para E e SE com baixa frequência, e para S e NW com média frequência. Para as velocidades de 5 a 10 cm/s, observa-se o fluxo para SW com maior frequência e as mesmas direções encontradas no nível de intensidade anterior com baixas frequências. Tais resultados indicam que, durante o período de aquisição dos dados, os fluxos de correntes mais frequentes estavam dispostos aproximadamente paralelos à linha de costa local, conduzindo águas e material particulado em suspensão de NE para SW.

A 20 metros de profundidade, nas velocidades de 0 a 5 cm/s, observa-se maiores frequências no quadrante NW, indicando correntes em direção à costa. Já nas velocidades de 5 a 10 cm/s, verificam-se maiores frequências na direção NE; no entanto, quantitativamente, bem inferiores do que às obtidas entre 0 a 5 cm/s, e de fluxo oposto ao encontrado no mesmo nível de intensidade a 3 metros da superfície.

Próximo ao fundo, a 39 metros de profundidade, nas velocidades entre 0 e 5 cm/s, o fluxo predominante estava se dirigindo para o quadrante N e NW com maior frequência, e para NE e E com menor frequência. Nas velocidades de 5 a 10 cm/s, verificou-se fluxos predominantes para W e NW, em direção à costa e para norte da área.

Desta forma, é observado em todos os níveis de profundidade uma maior tendência dos fluxos de correntes estarem direcionados à costa (direções S, SW, W, NW e N), traduzindo uma chegada de material em suspensão à região em estudo.

Na estação de fundeio 56 (Figura 8), observou-se correntes mais velozes, superiores a 20 cm/s, em 3 e 20 metros de profundidade. A 1 metro do fundo, no entanto, não foram observadas velocidades superiores a 10 cm/s. O aumento de velocidade verificado no segundo fundeio foi devido ao fato de, no período de 18 a 20 de junho, ter entrado uma frente fria que deixou reflexos de sua atuação, com certa defasagem, no meio marinho.

A 3 metros de profundidade, observa-se que os fluxos se direcionaram para os quadrantes SW e NW em todos os níveis de velocidade, sendo os predominantes para S (em direção ao largo) e SW (em direção à ilha do Cabo Frio), nas velocidades de 15 a 22 cm/s conduzindo, assim, águas de norte para sul com maior competência, e em direção à costa de modo geral, com os fluxos menos frequentes e menos velozes.

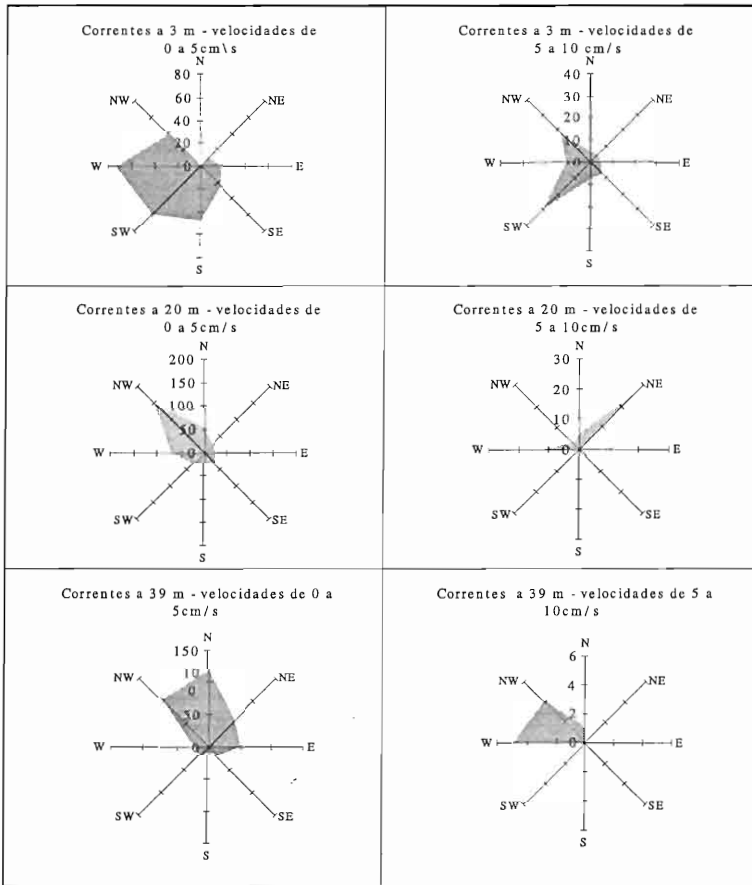


Figura 7 - Distribuição de frequência das direções para diferentes níveis de velocidade das correntes, na estação de fundeio 30.

A 20 metros de profundidade, observa-se nas intensidades de 0 a 5 e de 5 a 10 cm/s o mesmo comportamento, com as correntes dirigidas para SE e S (para o largo) com menores frequências dos que as dirigidas para SW e W. De 10 a 15 cm/s só ocorreram correntes direcionadas para SE, isto é, para o largo. Nas intensidades de 15 a 22 cm/s, ocorre uma distribuição quase igual das frequências em todas as direções.

A 1 metro do fundo (46 metros de profundidade), observa-se nas velocidades de 0 a 5 cm/s distribuição aproximadamente igual em todas as direções. Nas velocidades de 5 a 10 cm/s é verificado fluxos menos frequentes se dirigindo para o quadrante SW, e fluxos de maior frequência no sentido oposto, ou seja, para o



quadrante NE, indicando condução de águas e de material particulado em suspensão preponderantemente de S para N e para o largo.

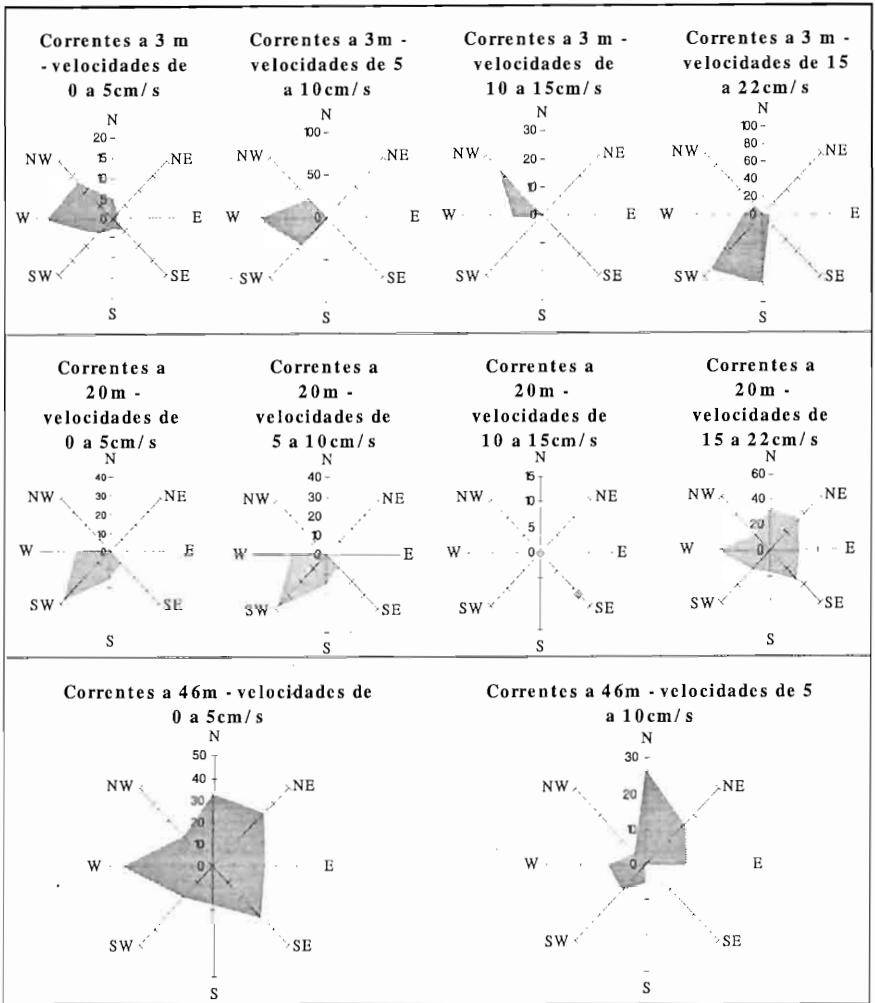


Figura 8 - Distribuição de freqüência das direções para diferentes níveis de velocidade das correntes, na estação de fundeio 56.

Percebe-se uma maior tendência de fluxos mais rápidos e freqüentes direcionados para o largo na estação 56, o que pode indicar saída de material particulado em suspensão da área em estudo, apesar dos fluxos superficiais menos intensos das duas estações de fundeio estarem direcionados à costa.

### Material particulado em suspensão

No mapeamento da distribuição espacial das concentrações de material particulado em suspensão obtidas a 3 metros do fundo (Figura 9a), observa-se que a maior parte da região é representada por concentrações que variam de 2 a 3 mg/l. Verifica-se, ainda, uma faixa de baixas concentrações (de 0,5 a 2,5 mg/l), de NE para SW, limitada por um foco de 9,6 mg/l nas imediações do corpo lamoso (estação 29), e um outro de 5,8 mg/l mais ao largo (estação 36).

Apesar de tais resultados estarem associados às variações da dinâmica local, influenciada diretamente pelas variações nas condições meteorológicas como entradas de frentes frias, por exemplo: eles expressam o *background* da região em estudo para a situação de inverno.

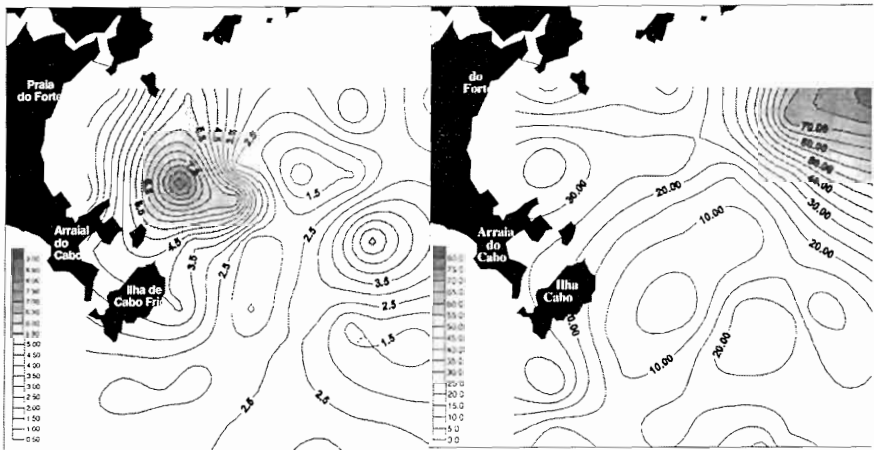


Figura 9- Distribuição espacial da concentração total do material particulado em suspensão, em mg/l (A), e de seu percentual combustível (B), a 3 metros do fundo.

Examinando a que massa d'água as concentrações totais encontradas estavam relacionadas, observa-se que as maiores concentrações se associam à Água Costeira. Já, as menores concentrações vinculam-se à Água Tropical. Tal comportamento parece lógico, uma vez que a Água Costeira, como o próprio nome denota, passa adjacente à costa onde os processos hidrodinâmicos são mais intensos, o que possibilita tanto a ressuspensão de sedimentos finos já depositados na região, como o transporte dos mesmos de / para outras áreas.

Por outro lado, a distribuição dos percentuais combustíveis (fração orgânica) determinados através da queima das amostras (Fig. 9b), aponta um foco com

núcleo de percentuais superiores a 80% a norte, posicionado no mesmo ponto e profundidade em que a Água Tropical foi detectada. Na região do corpo lamoso onde foram obtidas as maiores concentrações totais, percentuais combustíveis em torno de 30% indicam percentagens de frações inorgânicas elevadas, ratificando a existência de processos de ressuspensão e / ou deposição que por ventura estejam ocorrendo. Na faixa de baixas concentrações totais, de NE para SW, estão associadas os mais baixos percentuais combustíveis.

A mineralogia do material em suspensão foi associada somente com a Água Costeira, obtida para a região através do gabarito tentativo de massas d'água empregado por Tommasi *et al.* (1994).

A Água Costeira, referente às estações de passagem (ACEP), apresentou um predomínio de argilominerais, seguido de quartzo e, em teores mais baixos, pirita, k-feldspato e siderita. A Água Costeira de Maré Alta (ACMA), vinculada às coletas nas estações de fundeio 30 e 56, apresentou predominância de argilominerais (caulinita), seguida de quartzo, sendo detectada, em teores mais baixos, a presença de k-feldspato e pirita. Nas amostras da Água Costeira de Maré Baixa (ACMB), também associadas às estações de fundeio, a análise por difratometria de raios-X revelou a presença predominante de argilominerais (caulinita), seguida por quartzo e, em baixos teores, k-feldspato, pirita e traços de siderita.

Os argilominerais apresentaram percentuais quantitativos relativos iguais para a ACMB e ACMA e menores para ACEP. O k-feldspato apresentou percentagens iguais para ACMB, ACMA e ACEP. Os maiores valores de pirita e siderita vincularam-se à ACEP, sendo que evidências de traços de siderita foram encontrados na ACMA e ACMB (Figura 10).

Kukul (1971), constatou que pirita e siderita são mais abundantes em sedimentos de baía, podendo a pirita ocorrer também associada com a matéria orgânica. A presença de siderita e pirita, em quantidades mais expressivas nas amostras da ACEP, pode estar refletindo uma contribuição da baía de Guanabara, que exporta nutrientes, matéria orgânica e poluentes microorgânicos oriundos de atividades portuárias, de refinaria de óleo e descarga de efluentes.

Segundo Rocha *et al.* (1975), a fração argilosa entre Cabo Frio e rio Paraíba do Sul apresenta mineralogia com predominância de caulinita, e as areias são arcoseanas. Dornelles (1993), encontrou altos teores de caulinita (69%) nos sedimentos de fundo na altura de Cabo Frio. As altas concentrações de matéria inorgânica em suspensão, e a ocorrência de quartzo, feldspato e minerais argilosos no particulado em suspensão, em associação com a Água Costeira, sugerem uma provável origem fluvial (rio Paraíba do Sul, Macaé e São João) para os depósitos lamosos.

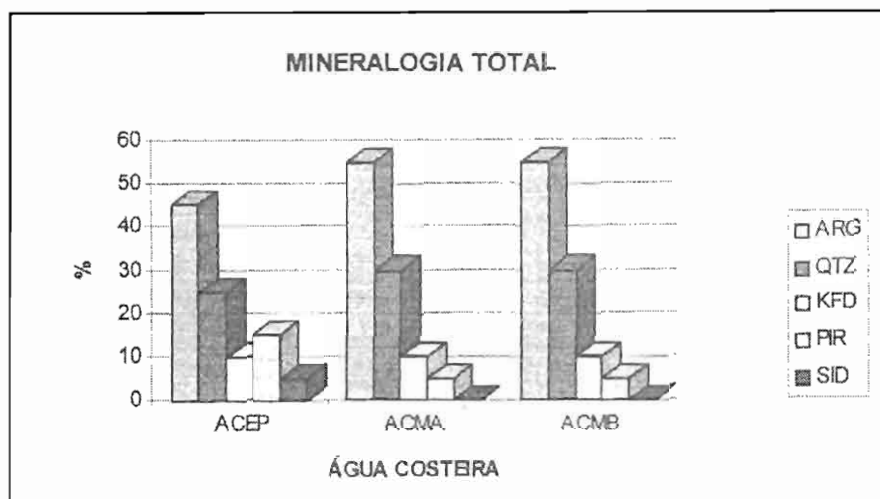


Figura 10 - Mineralogia total da massas d'água costeira de estações de passagem (ACEP), maré alta (ACMA) e maré baixa (ACMB). ARG (argilominerais), QTZ (quartzo), KFD (k-feldspato), PIR (pirita) e SID (siderita).

### *Material particulado em suspensão, massas d'água e correntometria*

A mineralogia da fração inorgânica associada aos fluxos de correntes, junto ao fundo, que estariam conduzindo água e material em suspensão em direção à costa e para norte da área de estudo, bem como aos fluxos superficiais para SW e W, consistem num forte indício da contribuição do rio Paraíba do Sul e da Baía de Guanabara na formação do corpo lamoso.

No que concerne às massas d'água e ao material em suspensão, é possível perceber a contribuição, em termos de matéria orgânica, da Água Tropical que se aproxima da costa ao norte. Pode-se ainda notar uma subdivisão da Água Costeira no que se refere à distribuição dos quantitativos de material particulado em suspensão, evidenciando-se uma zona com maiores concentrações próxima à costa, e outra com menores concentrações na faixa intermediária (NE-SW), conforme observado na figura 9a. Com base nos dados correntométricos obtidos próximos ao fundo (Figuras 7 e 8), conclui-se que esta faixa intermediária apresenta fluxo de sul para norte, corroborando o exposto anteriormente com relação à influência da pluma estuarina da baía de Guanabara para a região em estudo. As variações observadas nos fluxos de correntes antes e depois da frente fria reforçam a presença de dinâmica sedimentar atual na região do corpo lamoso.

*Sedimentos, material particulado em suspensão, metais pesados e moluscos*

Os padrões de contorno (Hershelman *et al.*, 1981) de Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn encontrados na região em estudo foram bastante semelhantes, indicando que processos similares podem estar governando a distribuição destes metais. A perfeita associação dos moluscos vivos estudados com os tipos de sedimentos de fundo, indicam não só ocorrência de deposição atual, como também existência de áreas que podem estar sendo afetadas por contaminantes depositados juntamente com sedimentos finamente granulados, matéria orgânica e carbonato de cálcio.

A presença de caulinita nos sedimentos superficiais de fundo (Dornelles, 1993), as significativas correlações entre as partículas finas e metais pesados, e a evidência de processos deposicionais atuais na região em estudo, sugerem provável ocorrência de metais pesados associados ao material particulado em suspensão.

**Conclusões**

1) As altas concentrações de matéria inorgânica em suspensão, e a ocorrência de quartzo, k-feldspato e minerais argilosos neste material, em associação com a Água Costeira, sugerem uma provável origem fluvial (rios Paraíba do Sul, Macaé e São João) para os depósitos lamosos;

2) A presença de siderita e pirita, em quantidades mais expressivas nas amostras da Água Costeira das estações de passagem, quando associada ao vínculo existente entre a fração fina e a matéria orgânica nos sedimentos superficiais de fundo, consiste num forte indício de uma provável contribuição da baía de Guanabara;

3) As consideráveis variações observadas na velocidade e na direção das correntes se encontraram vinculadas à atuação da frente fria, que impôs fluxos mais freqüentes em direção à costa em situação pré-frontal, indicando chegada de material particulado em suspensão à região; e fluxos mais intensos para o largo em situação pós-frontal, evidenciando saída de material particulado em suspensão para o largo;

4) A presença das massas d'água Tropical e Costeira na região indica uma situação típica de inverno, sem ocorrência de ressurgência costeira;

5) Foi possível estabelecer um *background* para a região no que se refere à distribuição do material particulado em suspensão, bem como associar suas maiores concentrações totais e de fração inorgânica à região do corpo lamoso;

6) A distribuição espacial dos percentuais combustíveis do material particulado em suspensão evidencia a influência que a Água Tropical - encontrada

penetrando a uma profundidade aproximada de 40 metros em direção à costa - pode ter sobre os percentuais de matéria orgânica deste material e, conseqüentemente, nos sedimentos de fundo;

7) Processos dinâmicos como ressuspensão e/ou deposição de sedimentos na região do corpo lanoso puderam ser inferidos através dos altos percentuais de fração inorgânica encontrados;

8) Os valores mais elevados de Cd, Cr, Cu, Fe e Zn, nos sedimentos superficiais da plataforma continental adjacente ao Cabo Frio, pode ser indicativo de uma possível contribuição antropogênica do rio Paraíba do Sul e Baía de Guanabara;

9) A abundância de moluscos no perfil 1, especialmente nas estações 21 e 22, está relacionada a maiores taxas de  $\text{CaCO}_3$ , matéria orgânica e cádmio;

10) **Nucula semiornata**, **Adrana patagonica** e **Corbula patagonica**, uma vez que foram coletadas vivas, e em função do seu hábito trófico, podem ter utilização como bioindicadores de metais pesados em fundos lamosos da região.

### Agradecimentos

Ao GEOQUAM da Faculdade de Geologia da UERJ pelo apoio nas leituras de metais pesados; ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM, por fornecer condições infra-estruturais para a campanha de inverno; à tripulação do N.Oc. Antares pelo auxílio prestado durante o embarque; e à Sub-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UERJ - SR-2, pela concessão de bolsas de Iniciação Científica e auxílio financeiro.

### Referências

- ABSALÃO, R.S.; A.D. PIMENTA; R.S. GOMES & F. CECHETTI 1997. Associações malacológicas dos substratos inconsolidados na Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana, Macaé, Rio de Janeiro. *Oecologia Brasiliensis*, (neste volume).
- ALERJ. 1996. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. Comissão de Meio Ambiente. *Contaminação ambiental da Baía de Sepetiba pela Companhia Mercantil e Industrial Ingá*. 25 pp.
- ANDRÉ, D.L. 1990. *Análise dos Parâmetros Hidroquímicos na Ressurgência de Cabo Frio*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. 203 p.
- BANCO MUNDIAL, 1996. *Brasil: gestão da poluição ambiental no Estado do Rio*

- de Janeiro*. Divisão de Recursos Naturais, Meio Ambiente e Pobreza Rural, Departamento de Países I, Região da América Latina e Caribe. [Http://www.worldbank.org/la1er/index.htm](http://www.worldbank.org/la1er/index.htm). 1:1-39
- BONIFORTI, R. 1983. Metalli in traccia en acqua, particellato e sedimenti tra Capo Circeo e l' Isola d' Isachia. In: ENEA. *Un esempio di analisi ecologica del sistema marino-costeiro da Capo Circeo All' Isola di Ischia*, 97-24, Pt. 6, Servizio Edizioni Tecnico-Scientifiche, Roma. 219 pp.
- BRYAN, G.W.; W.J LANGSTRON. & L.G. HUMMERSTONE 1980. The use of biological indicators of heavy metal concentration in estuaries. *Marine Biology Association of United Kingdom*, Occasional Publ., 146 p.
- CARVALHO, C.E.V.; L.D LACERDA.; C.E REZENDE.; A.R. COVALLE.; V. ITTEKKOT & C.A. DUARTE 1993a. The Fate of Heavy Metals in Sediments of Northeastern and Southeastern Brazilian Continental Shelf. In: *Heavy Metals In The Environment*, 9 Toronto, 1993, Proceedings... Canada, 4 pp.
- CARVALHO, C.E.V.; L.D. LACERDA & M.P. GOMES 1993b. Metais pesados na biota benthica da Baía de Sepetiba e Angra dos Reis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 6 :222-229.
- DAMIANI, V.; S DE ROSA.; G. FERRETI & G. ZURLINI 1983. Caratterizzazione sedimentologica, mineralogica e geoquímica dei sedimenti marini tra Capo Circeo e l' Isola d' Ischia. In: ENEA. *Un esempio di analisi ecologica del sistema marino-costeiro da Capo Circeo All' Isola di Ischia*, 77-95, Pt. 5, Servizio Edizioni Tecnico-Scientifiche, Roma. 219 pp.
- DHN. 1995. *Tábua de Maré*. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 33 ed. 196 pp.
- DIAS, G.T.M.; J.J.C PALMA & V.R.A. PONZI 1982. *Matéria orgânica do quaternário da margem continental entre o Rio de Janeiro e Guarapari*. Proj. Ressurgência. LAGEMAR/IG-UFRJ/CENPES-PETROBRÁS. Relatório Final. 136 pp.
- DORNELLES, L.M.A. 1993. *Metais Pesados nos Sedimentos da Plataforma Continental entre Ilha Grande e Cabo Frio (RJ) e suas Associações com a Granulometria, Conteúdo de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. 155 pp.
- DORNELLES, L. M.A. 1994. Metais Pesados nos Sedimentos da Plataforma Continental entre Ilha Grande e Cabo Frio (RJ) e suas Associações com a Granulometria. Conteúdo de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica. In: 38º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Balneário de Camboriú - SC. Resumos. 3 v., V. 3 : 159-160.

- DORNELLES, L.M.A & L. SAAVEDRA 1995. Considerações sobre a distribuição de metais pesados na região de Cabo Frio - RJ. In: *V congresso brasileiro de geoquímica e III congresso de geoquímica dos países de língua portuguesa*. Niterói - Rio de Janeiro. Anais. CD-ROM. 4 pp.
- DORNELLES, L.M.A.; L.M. LIMA & E.T. KÜSEL 1997. Considerações sobre a distribuição espacial de metais pesados nos sedimentos da plataforma continental entre as ilhas do Cabo Frio e Papagaio, RJ-Brasil, em associação com a matéria orgânica, partículas finas e carbonato de cálcio. *Acta da X semana de geoquímica/V Congresso de geoquímica dos países de língua portuguesa*, Braga, Portugal.p. 439- 442.
- FÖRSTNER, U & G.T.W. WITTMANN 1979. *Metal pollution in the aquatic environment*. Berlin, Springer - Verlag. 436 pp.
- FOWLER, S.W. 1982. Biological transfer and transport process. In: G. Kullenberg (ed). *Pollutant Transfer and Transport in the Sea*, : 1-65, vol II, CRC Press, Florida. 247 pp.
- HERSHELMAN, G.P. H.A. SHAFER; T.K. JANN & D.R. YOUNG 1981. Metals in Marine sediments near a Large California Municipal Outfall. *Marine Pollution Bulletin*, 131-134.
- GARFIELD, N. 1990. *The Brazil Current at Subtropical Latitudes*. Tese de Doutorado, Univ. Rhode Island. 122pp.
- GROOT, A.J. de & K.H. ZSCHUPPE 1981. Contribution to the standardization of the methods of analysis for heavy metals in sediments. *Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, **181**: 111-122.
- JICKELLS, T.D. & A.H. KNAP 1984. The distribution and geochemistry of some trace metals in the Bermuda coastal environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **18**: 245-262.
- KAMPEL, M.; J.A. LORENZZETTI & C.L.da SILVA Jr. 1997. Observação por satélite de ressurgências na costa S-SE brasileira. *Resumos expandidos do VII Congresso Latino-Americano Sobre Ciências Do Mar*, Santos, V. **2**: 38-40.
- KNOPPERS, B. A. & F. POLLEHNE 1991. The transport of carbon, nitrogen and heavy metals to the offshore sediments by plankton sedimentation. In: Ekau, W. *Brazilian German Victor Hensen Programme: Joint Oceanographic Projects: Jops' 90/91 - Cruise Report*. Bermehaven: Werner Ekau Zentrum für Marine Tropenökologie. **Leg 4**, 25-29.
- KUKAL, Z. 1971. *Geology of Recent Sediments*. New York, Academic Press. 490 pp.



- LACERDA, L.D.; W.C. PFEIFFER & M. FIZMAN 1982. Níveis naturais de metais pesados em sedimentos marinhos da Baía da Ribeira, Angra dos Reis. *Ciência e Cultura*, **37** (7): 921-924.
- LACERDA, L.D.; W.C. PFEIFFER & M. FIZMAN 1987. Heavy Metal Distribution, Availability and Fate in Sepetiba Bay, SE - Brazil. *The Science of Total Environment*, **65**: 163 -173.
- LORENZZETTI, J.A. & K. TANAKA 1990. Uso de um Modelo Numérico para o Estudo da Resposta da Ressurgência Costeira de Cabo Frio à Passagem de Frentes Frias. *Anais do VI Congresso Brasileiro De Meteorologia*, V. **2** : 662-666.
- MALM, O., W.C. PFEIFFER; M. FISZMAN & J.M.P. AZCUE. 1989. Heavy Metals Concentrations and Availability in the Bottom Sediments of the Paraíba do Sul-Guandu River System, RJ, Brazil. *Environmental Technical Letters.*, **10**: 675-680.
- McLAREN, P. 1981. An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of Sedimentary Petrology.*, New York. **51** (2): 611-624.
- MELO, U., C.P. SUMMERHAYES. & L.G. TONER 1975. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. *Boletim técnico da PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, **18** (3/4): 115-127
- MUEHE, D. & V.M.S.G. CARVALHO 1993. Morfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre a ponta de Saquarema e o Cabo Frio (RJ). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, **41** (1/2): 1-12.
- OTTMANN, F. & J.M. OTTMANN 1967/69. Estudo das Amostras Recolhidas na Região de Cabo Frio (Brasil) pelo NOc. Almirante Saldanha. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, Recife, **9/11** : 67- 78.
- PFEIFFER, W.C.; M. FISZMAN & L.D. LACERDA 1986. Metais pesados no pescado da Baía de Sepetiba., *Ciência e Cultura.*, **37** :297-302.
- PFEIFFER, W.C.; L.D. LACERDA; M. FISZMAN & N.R.W. LIMA 1985. *Heavy metals survey in Brazilian Coastal Environments*. Relatório - FINEP/FIPEC/ CNPq. Rio de Janeiro, 1-16.
- PIERCE, J. W., D.D. NELSON & D.J. COLQUHOUN 1972. Mineralogy of Suspended Sediment off the Southeastern United States. Cap. 13: 281-305. In: Donald J. P. Swift, Duane & Orrin H. Pilkey *Shelf Sediment Transport: Process and Pattern.*, ed. Dowden Hutchinson & Ross, Inc. Stroudsburg, Pennsylvania.

- REZENDE, C.E. & L.D. LACERDA 1986. Metais pesados em mexilhões (*Perna perna* L.) no litoral do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia*, **46**: 239-247.
- RIOS, E., 1994. *Seashells of Brazil*. FURG, Rio Grande. 2ª ed., 345 pp.
- ROCHA, J.M., J.D. MILLIMAN; C.I. SANTANA & M.A. VICALVI 1975. Southern Brazil.. Upper Continental Margin Sedimentation off Brazil. *Contributions to Sedimentology*, Stuttgart, **4**: 117 -150.
- ROSENTAL, R., G.A. EAGLE & M.J. ORREN. 1986. Trace metals distribution in different chemical fractions of nearshore marine sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **22**: 303-324.
- SÁ FREIRE, G.S.; P.N. COUTINHO & J.O. de MORAIS. 1984. Sedimentos superficiais da plataforma continental do Ceará. *Atas do 11º Simpósio De Geologia Do Nordeste*, Natal. p. 228-240.
- SAAVEDRA, L. 1994. *Dinâmica Sedimentar na Plataforma Continental Interna entre a Ilha do Cabo Frio e Cabo Búzios- RJ*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 125 pp-.
- SAAVEDRA, L. & D. MUEHE. 1994. Dinâmica sedimentar na plataforma continental interna entre a ilha do Cabo frio e cabo Búzios - RJ. *Resumos do 38º Congresso Brasileiro De Geologia*. Balneário de Camboriú – SC, **V. 1** : 370-371.
- SALOMONS, W.; H. KERDIJK; H.V. PAGEE; R. KLOMP & A. SCHEUR. 1988. Behaviour and impact assessment of heavy metals in estuarine and coastal zones. In: Seeliger, U., Lacerda, L.D., Patchineelan. *Metals in coastal environments of Latin America*, Springer-Verlag. **297**: 157-193.
- SHIDELER, G. L. 1978. A sediment-dispersal model for the South Texas Continental Shelf, Northwest Gul of Mexico. *Marine Geology*, **26 (3/4)**: 289-313.
- SILVA, P.C.M. da. 1973. A Ressurgência de Cabo Frio (I). *Boletim.do Instituto de Pesquisas da Marinha*, nº 78. 60 pp.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Ed. Edgar Bluecher Ltda. 317 pp.
- TALBOT, V. & A. CHEGWIDDEN. 1983. Heavy metals in the sediments of Cockburn Sound, Western Australia and its surrounding areas. *Environmental Pollution*, **5**:187-205.
- TAYLOR, D. 1979. The effect of discharges from three industrialized estuaries on the distribution of heavy metals in the coastal sediments of North Sea. *Estuarine and Coastal Marine Science*, **8**: 387 - 393.

- TOMMASI, L.R. & OUTROS (1994) - *Programa de Monitoramento Ambiental Oceanográfico da Bacia de Campos, RJ*. FUNDESPA /GEOMAP/CENPES-PETROBRÁS, São Paulo. (relatório final).
- USGS, 1997. Pollution and waste disposal.. In: *The National Marine and Coastal Geology Program*. [Http://marine.usgs.gov/marine-plan/html/pollution.html](http://marine.usgs.gov/marine-plan/html/pollution.html). 5 pp.
- VILLA, N. 1988. Spatial distribution of heavy metals in seawater and sediments from coastal areas of the Southeastern Buenos Aires Province, Argentina. In: Seeliger, U., Lacerda L.D., Patchineelam, S.R. *Metals in coastal environments of Latin America*, Springer-Verlag, **297**: 30 -43.
- WARD, T.J. & P.C. YOUNG. 1981. Trace metal contamination of shallow marine sediments near a lead smelter, Spencer Gulf, South Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **32**: 45 - 56.

#### Endereço:

SAAVEDRA,L.; DORNELLES, L.M.A.; MELO, G.V.; STANTON,N.S.G; FONSECA, E.M.; LIMA,L.M.; KÜSEL, E.T.;RIBEIRO; E.O. & LAZILLOTTA, A.A.A.  
Departamento de Oceanografia/IGEO/UERJ  
Rua São Francisco Xavier, 524. Maracanã, Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20590-900.

SANTOS, S. B.; ABSALÃO,R.; & ESTEVES, F.A..  
Departamento de Biologia Animal e Vegetal /IBIO/UERJ  
Rua São Francisco Xavier, 524. Maracanã, Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20590-900.

ANJOS, S.M.C.  
Setor de Geologia de Reservatórios/Cenpes/Petrobrás  
Ilha do Fundão - Cidade Universitária - Qd. 7. Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21949- 900