



David S. Rocha et al.

Metais pesados em sedimentos da baía de Sepetiba, RJ: implicações sobre fontes e dinâmica da distribuição pelas correntes de maré

David S. Rocha¹

Bruno C.A. Cunha²

Mauro C. Geraldles¹

Silvia D. Pereira²

Ana C. M. Almeida³.

Resumo:

A baía de Sepetiba é uma laguna costeira, sendo separada do oceano por uma ilha barreira. Localiza-se a 60 km da cidade do Rio de Janeiro, no mais importante entorno geoeconômico do Brasil. O objetivo desse trabalho foi avaliar a distribuição espacial da contaminação dos metais Cu, Pb, V, Cr, Cd, Co e Ni, nos sedimentos da baía. O mapa das concentrações permitiu caracterizar anomalias ao entorno da foz do rio Guandu, rio Saco do Engenho, na área da Coroa Grande, do Porto de Itaguaí, da ilha do Martins, e anomalias ao longo de faixa com direção NW-SE. Esses resultados apontam para duas fontes principais de metais: o rio Guandu e atividades portuárias. As comparações com trabalhos anteriores indicaram uma diminuição das concentrações desses metais no decorrer do tempo com transporte dos sedimentos por correntes de maré.

Palavras-chave: Baía de Sepetiba, metais pesados, geoprocessamento, geoquímica, sedimentos.

Abstract

¹Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

²Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

³Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica-RJ.

Endereço eletrônico dos autores
Email: davidrocha21@yahoo.com.br,
bralcantara@yahoo.com.br, geraldles@uerj.br, silviadiasp@gmail.com, aalmeida@puc-rio.br

¹Rua São Francisco Xavier, nº 524, 4º andar - bloco A, sala 4006, Maracanã - Rio de Janeiro - RJ, cep 20550-900.

²Rua São Francisco Xavier, nº 524, 4º andar - bloco E, sala 4018 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ, cep 20550-900.

³Rua Marquês de São Vicente, nº 225, Prédio Cardeal Leme - 7º andar - sala 772A, Gávea - Rio de Janeiro - RJ, cep 22453-900.





Introdução:

As concentrações anômalas de elementos metálicos estão entre os maiores fatores estressantes nos ecossistemas costeiros. Essas substâncias estão sempre presentes nos subprodutos da maioria das atividades antrópicas e podem atingir os corpos d'água costeiros através dos rios e atmosfera, mesmo quando as fontes estão localizadas relativamente distantes da costa. A intoxicação aguda por metais tem diminuído muito em países desenvolvidos, enquanto a exposição crônica ainda é um problema nos países pobres, onde a parcela da população que vive nas margens dos corpos d'água afetados tem sido a mais atingida.

A introdução de metais no meio ambiente pode ocasionar um aumento local das concentrações, caracterizando um ambiente de risco para a saúde humana. No Brasil, ainda, não existem valores de referência para contaminantes nos sedimentos coletados no país. Dessa forma, o CONAMA, por meio da resolução 344/2004, estabelece valores de referência, os quais têm por base, os Valores Guias de Qualidades de Sedimentos (VGQS), estes baseados em legislação Canadense. A referida resolução, entretanto, classifica os sedimentos em dois níveis: Nível 1 (limiar abaixo), do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos na biota, e Nível 2 (limiar alto), acima do qual se prevê um provável efeito na biota, além de fazer distinção entre os sedimentos coletados em água doce e em água salino-salobra (MMA, 2004). Os valores de referência, para os elementos Cd, Cu, Ni, Pb e Zn, estudados nesse trabalho, são os seguintes: em mg kg⁻¹, para sedimentos em água salino-salobra, respectivamente para os níveis 1 e 2 são: Cd 1,2 e 9,6; Cu 34 e 270; Ni 20,9 e 51,6; Pb 46,7 e 218; Zn 150 e 410.

A baía de Sepetiba, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, vem enfrentando inúmeros problemas relacionados à poluição e que são causados pelo lançamento de substâncias tóxicas nos afluentes que deságuam na baía e por deposição atmosférica (Pedlowky, 1991; Lacerda et al., 1987; Lacerda et al., 2002; Barcellos and Lacerda 1994). Entre os principais, destacam-se (i) uma companhia desativada beneficiadora de zinco (entre outras atividades industriais), que abandonou, em seu terreno, uma grande quantidade de rejeitos; (ii) o Porto de Itaguaí, que, além do grande tráfego de embarcações, promove, periodicamente, dragagens para manutenção do canal principal, remobilizan-

Materiais e métodos

A baía de Sepetiba, localizada a 60 km a oeste da cidade do Rio de Janeiro, nas coordenadas 23°S, 44°W, encontra-se limitada, a nordeste, pela serra do Mar, ao norte, pela serra de Madureira, a sudeste, pelo maciço da Pedra Branca e, ao sul, pela restinga da Marambaia (Figura 1). Seu corpo d'água apresenta uma configuração quase elíptica, com um

perímetro de, aproximadamente, 130 km, constituindo uma laguna costeira semi-confinada com cerca de 305 km², em comunicação marinha com o oceano Atlântico por meio de duas passagens: na parte oeste, entre os cordões de ilhas que limitam com a ponta da restinga da Marambaia e, na porção leste, pelo canal que deságua na barra de Guaratiba. do metais depositados no sedimento para a coluna d'água; (iii) a transposição de parte das águas do rio Paraíba do Sul para a bacia de Sepetiba, na década de 50, para fornecimento de água para os municípios da baixada fluminense e parte da cidade do Rio de Janeiro, levando à construção do canal de São Francisco, que transporta as águas desviadas para a baía de Sepetiba, aumentando a carga de sólidos para a baía; (iv) a poluição por esgoto doméstico também vem crescendo devido à expansão urbana desordenada causada pela polarização das atividades econômicas para a região norte da baía de Sepetiba; (v) e, por fim, mas não menos importante, a contribuição natural da erosão das rochas presentes na bacia hidrográfica do rio Guandu (Copeland et al., 2003; Cunha et al., 2006; Paraqueti et al., 2004; Molisani et al., 2004; Molisani et al., 2006; Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2002; Barbosa & Almeida, 2001; Magalhães & Pfeiffer, 1995; Magalhães et al., 2001; Lacerda & Molisani, 2006; Barcellos et al., 1991).

A maior parte das atividades industriais relacionadas à baía de Sepetiba se concentra nos distritos industriais de Queimados, Itaguaí, Campo Grande e Santa Cruz. Em adição, existe uma crescente atividade agrícola e pesca em sua bacia.

Barcellos e Lacerda (1994) descrevem as principais atividades econômicas que contribuem com despejo de metais-traços para baía de Sepetiba. Segundo eles, o número total de indústrias chega a 72. Entre as principais, temos uma termelétrica, um porto, seis indústrias de fundição de metal, dezenove metalúrgicas, dezesseis indústrias químicas, entre outras.

Nesse trabalho, foram quantificadas as concentrações de metais (Cu, Pb, V, Cr, Cd, Co e Ni) em sedimentos de fundo da baía de Sepetiba, os resultados foram comparados com os de outros trabalhos realizados na área e foram confeccionados mapas georreferenciados nas áreas de risco. O estudo teve como foco metais cuja exposição, no meio ambiente, resulta em sérios problemas de saúde humana. Desta forma, o estudo se reveste de grande relevância para a caracterização da exposição humana aos metais, fato que agravou após o processo de industrialização e de beneficiamento de minérios na região da baía.

perímetro de, aproximadamente, 130 km, constituindo uma laguna costeira semi-confinada com cerca de 305 km², em comunicação marinha com o oceano Atlântico por meio de duas passagens: na parte oeste, entre os cordões de ilhas que limitam com a ponta da restinga da Marambaia e, na porção leste, pelo canal que deságua na barra de Guaratiba.



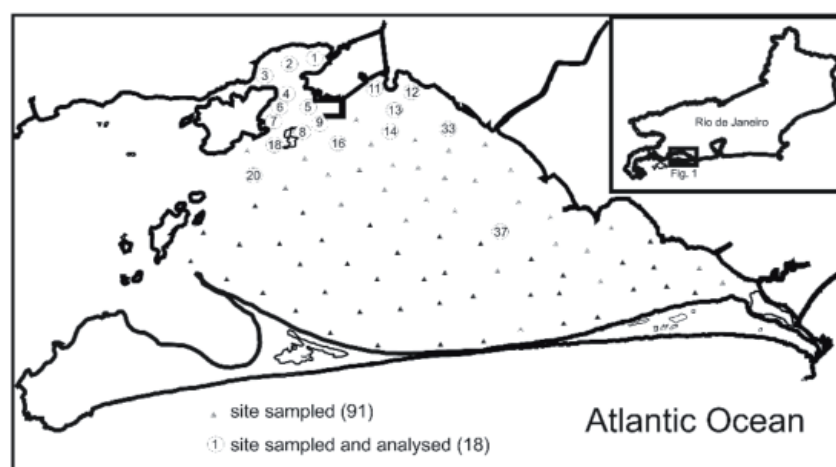


Figura 1. Localização da área da baía de Sepetiba com a localização dos sítios de amostragem.

Está situada no mais importante entorno geoeconômico do Brasil e vem sendo considerada uma área potencialmente catalisadora de desenvolvimento, despontando como um dos pólos industriais do Rio de Janeiro.

As coletas ocorreram ao longo de toda a baía de Sepetiba. Foram realizados, durante sete dias de trabalhos de coleta (embarcado) com 91 amostragens obtidas através de um amostrador tipo Van Veen. As análises perfazem 18 amostras até o momento. As amostras foram transportadas para o Laboratório Geológico de Preparação de Amostras (LGPA-UERJ) para os procedimentos de secagem e de separação granulométrica (frações menores que 200 mesh). A preparação das amostras consistiu em pesagem de 1g de sedimento em tubos falcon, lixiviação em ácido nítrico 0,1M, centrifugação e posterior leitura no espectrômetro de massa (ICP-MS) no Laboratório de Caracterização de Águas da PUC-RJ. Em um primeiro estágio, foram analisadas

concentrações de Cu, Pb, V, Cr, Cd, Co e Ni em 18 pontos. Utilizou-se o programa Arcgis® para georreferenciamento dos pontos amostrados e para elaboração de mapas de isolinhas de concentração dos diversos elementos analisados. Em adição, foram observados conjuntos de bandas de imagens de satélite LANDSAT 5 obtidas do INPE em formato digital tiff (www.dgi.inpe.br/CDSR/). As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 apresentam resolução (pixel) de 30 metros e a banda 6 de 120 metros no terreno. Para esse trabalho, foi utilizada a banda 4 das imagens por mostrar, de maneira mais marcante, as texturas e as feições importantes para se cumprirem os objetivos definidos. Foram escolhidas, finalmente, 2 imagens para a análise final por mostrarem, com melhor nitidez, a definição de feições nas áreas centrais e acerca da baía de Sepetiba e restinga da Marambaia. As imagens LANDSAT5-19910907 datam de 07 de setembro de 1991 e LANDSAT5-19980708 de 08 de julho de 1998 (Figura 2).

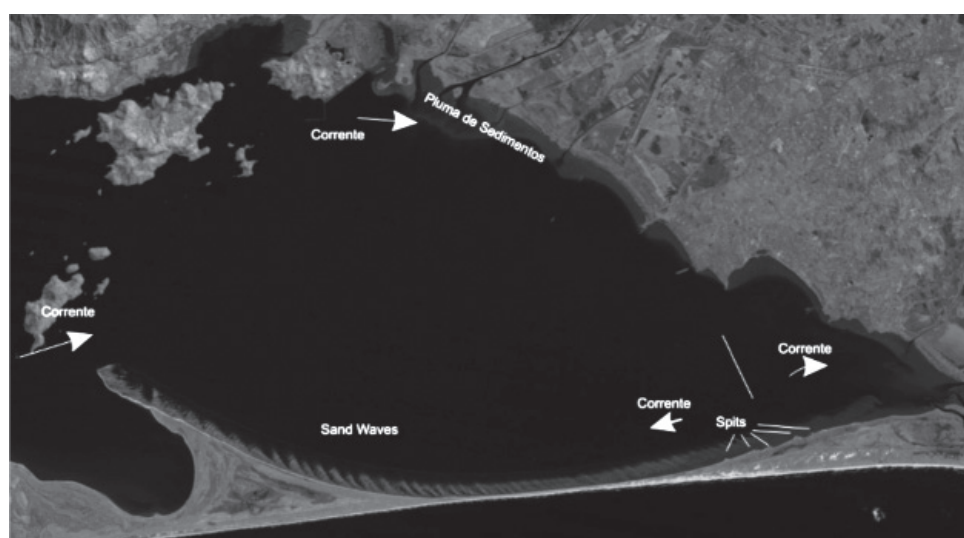


Figura 2. Imagem LANDSAT 5 Banda 4 da área da baía de Sepetiba (07/09/1991). Sobre a imagem são mostradas as principais direções de correntes no interior da restinga (Fonte: www.dgi.inpe.br/CDSR/).

Resultados e Discussão

As concentrações de Cu, Pb, V, Cr, Cd, Co e Ni estão apresentadas na Tabela 1. A seguir, são apresentados os valores mínimos e máximos e a média, respectivamente, para as concentrações dos elementos em $\mu\text{g.g}^{-1}$: cobre 0,02-1,2 (0,29); chumbo 0,33-3,61 (1,46); vanádio <0,01-2,1 (0,78); cromo 0,05-0,85 (0,44); cobalto 0,01-0,38 (0,24); cádmio <0,01-1,57 (0,29); níquel 0,03-0,56 (0,28).

Os mapas de isolinhas, para cada elemento, permitiram caracterizar áreas com anomalias de concentração. O cobre apresenta concentrações maiores na saída do rio Guandu, no saco do Engenho e, também, no saco da Coroa Grande (Figura 3). O chumbo mostrou concentrações maiores na saída do rio Guandu e, também, no saco da Coroa Grande. Notou-se, também, uma concentração com fluxo coerente com a corrente oeste-leste que mostra o fluxo da corrente transportando o material proveniente do rio Guandu (Figura

4). Para o vanádio, foram verificadas altas concentrações anômalas entre o porto de Itaguaí e a ilha do Martins, além de uma anomalia pontual a 3,3km distante da linha de costa em frente ao rio Guandu; essa concentração diminui em direção à linha de costa (Figura 5). No caso do cromo, foi observada concentração na saída do rio Guandu, seguindo o fluxo da corrente oeste-leste (Figura 6).

Também foi verificada concentração de cromo próxima ao porto de Itaguaí na área de estocagem de contêineres do porto e a nordeste da ilha do Martins coincidentemente com o cobalto.

Nessa mesma porção de área, próximo e ao norte da ilha do Martins, ocorreu uma concentração máxima de níquel (Figura 7). Também ocorreram concentrações ao longo de extensa faixa oeste-leste. O mesmo ocorreu no caso do chumbo e o do cromo quanto à deposição desses metais.

Para o cádmio, foi observada uma concentração maior

Amostra	Cu	Pb	V	Cr	Cd	Co	Ni
SP01	0,82	0,50	0,21	0,17	0,13	0,20	0,18
SP02	0,56	1,37	0,92	0,47	0,37	0,25	0,27
SP03	0,10	0	0,01	0,05	0,00	0,00	0,03
SP04	0,48	1,13	1,14	0,46	0,32	0,25	0,31
SP05	0,13	1,71	1,32	0,63	0,27	0,26	0,32
SP06	0,04	1,59	1,27	0,48	0,14	0,18	0,55
SP07	0,02	0,33	0,12	0,10	0,11	0,16	0,29
SP08	0,10	1,58	1,49	0,62	0,15	0,30	0,42
SP09	0,03	1,60	1,25	0,56	0,16	0,25	0,37
SP11	1,18	3,51	0,06	0,28	1,57	0,27	0,14
SP12	0,65	3,61	1,02	0,84	0,42	0,36	0,19
SP13	0,70	2,73	0,84	0,75	0,45	0,38	0,27
SP14	0,04	2,09	2,06	0,71	0,23	0,26	0,32
SP16	0,02	1,55	1,37	0,48	0,11	0,24	0,34
SP18	0,14	0,44	0,13	0,12	0,14	0,20	0,32
SP20	0,01	0	0,03	0,06	0,00	0,00	0,03
SP33	0,06	0,38	0,27	0,20	0,21	0,34	0,20
SP37	0,06	2,19	0	0,85	0,35	0,24	0,36

Tabela 1. Concentrações ($\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso seco) das amostras de sedimentos da baía de Sepetiba.

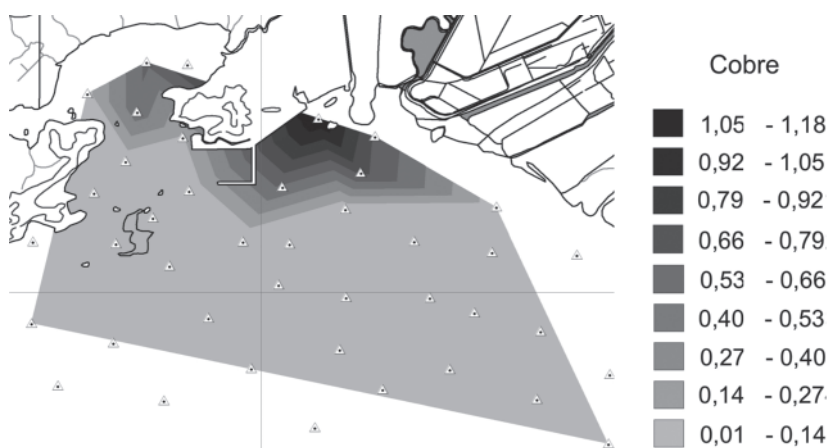


Figura 3. Mapa de isolinhas de concentração do elemento Cu em $\mu\text{g.g}^{-1}$, na baía de Sepetiba.



David S. Rocha et al.

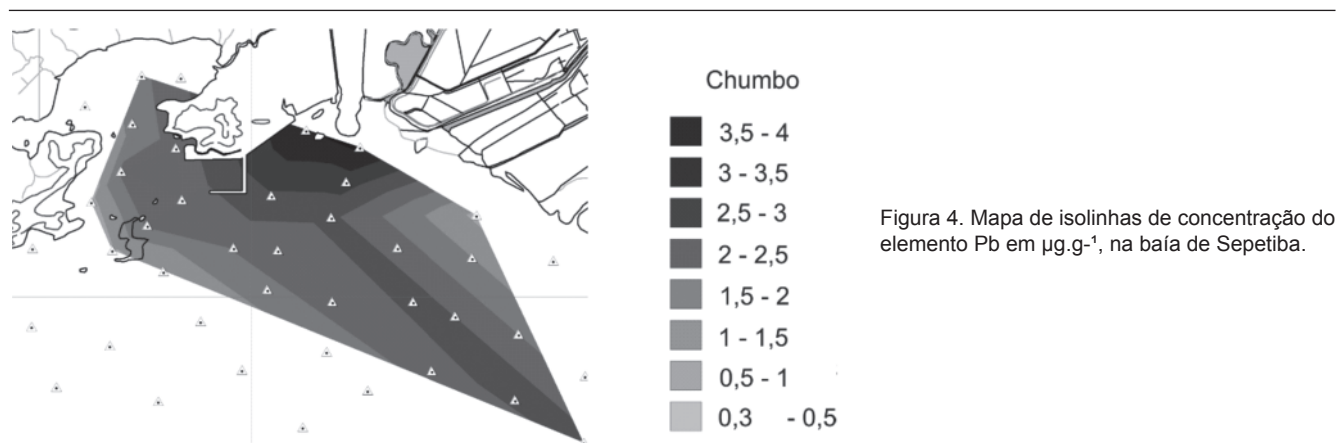


Figura 5. Mapa de isolinhas de concentração do elemento V em $\mu\text{g.g}^{-1}$, na baía de Sepetiba.

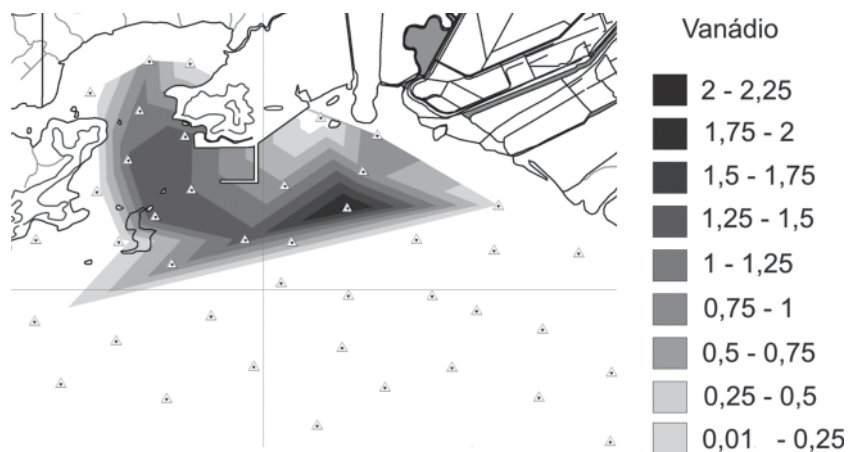


Figura 6. Mapa de isolinhas de concentração do elemento Cr em $\mu\text{g.g}^{-1}$, na baía de Sepetiba.

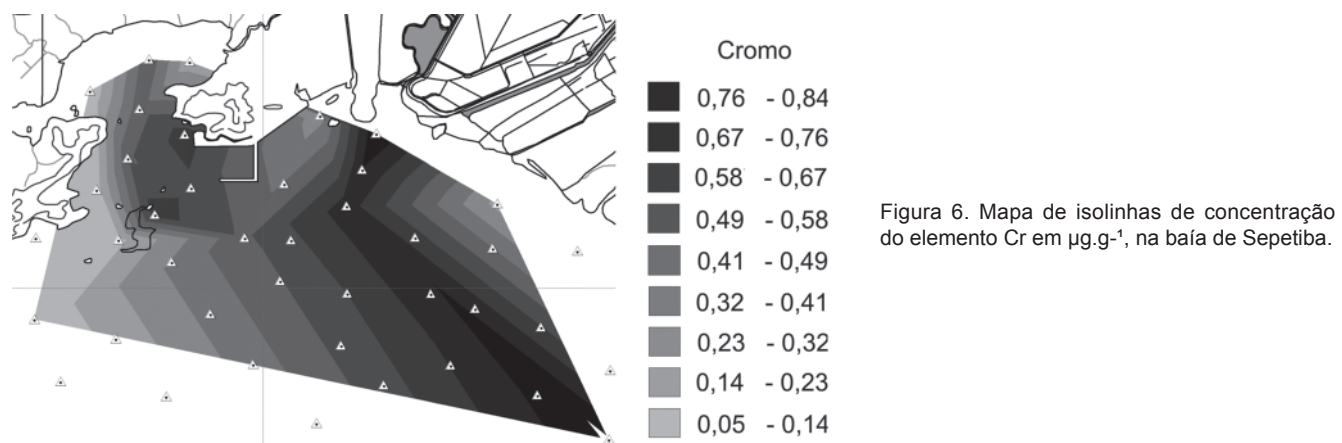
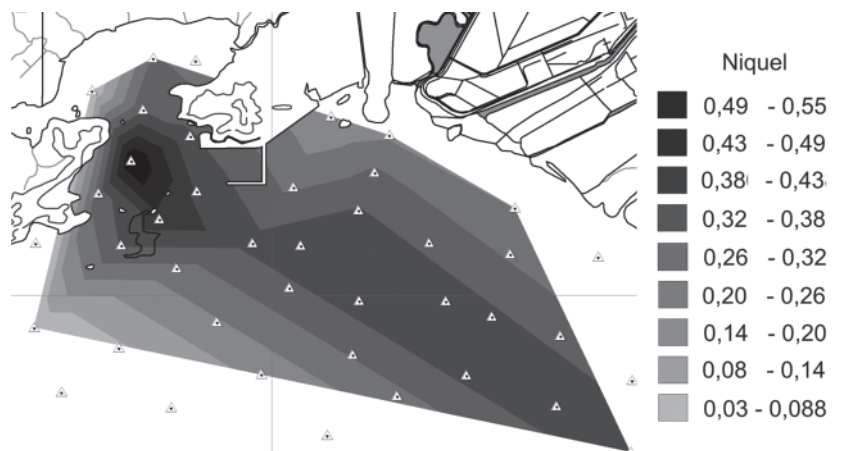


Figura 7. Mapa de isolinhas de concentração do elemento Ni em $\mu\text{g.g}^{-1}$, na baía de Sepetiba.



nas proximidades do saco do Engenho, do rio Guandu, sem anomalias próximas a foz do canal de São Francisco (Figura 8). O cobalto apresentou concentrações na saída do rio Guandu e canal de São Francisco além de uma anomalia verificada na parte nordeste da ilha do Martins e na saída do rio Cação no saco da Coroa Grande (Figura 9).

A interpretação dos resultados das concentrações dos elementos metálicos precisa levar em conta a dinâmica interna das correntes de maré. Neste sentido, a baía pode ser dividida em três áreas principais, em função das feições de movimentação dos volumes de água da baía: a foz dos rios principais, a restinga da Marambaia e o fundo (lado leste) da baía. Na primeira área, as imagens de satélites mostram os rios trazendo sedimentos e evidenciam o sentido da corrente, oeste-leste, de transporte na foz.

Foi observada, também, uma área com intensa sedimentação mostrada pela textura mais clara, contrastando com a água da bacia (ver Figura 2). Na segunda área, marcada pela restinga, foi observado um extenso campo de 'sand waves' na parte interna da restinga, acompanhando a direção da corrente leste-oeste. Nesse local, foi observada uma seqüência de 'spits' de formato alongado na desem-

bocadura de pequenas drenagens que saem do manguezal. Essas feições podem ter se desenvolvido durante a redistribuição dos sedimentos pela ação de ondas e correntes internas geradas pelo vento vindos do oceano. Nessa região, os 'spits' identificam um transporte de sedimentos do centro da restinga para leste. De acordo com a direção de transporte de sedimento evidenciado pelas 'sand waves' a oeste e 'spits' no setor leste, podemos concluir que há uma divisão do fluxo e o sedimento é transportado em direções opostas. No final oeste da restinga, ocorre o truncamento da sedimentação pela existência de uma corrente que adentra na baía por esse local (Ponta da Pompeba).

Os procedimentos analíticos aqui realizados envolvem a lixiviação com ácido HNO₃ em baixa concentração com o objetivo de dissolver apenas os elementos metálicos livres ou biodisponíveis. A fração utilizada na granulometria de 200 mesh tende a apresentar as maiores concentrações dos elementos metálicos. Desta forma, os elementos metálicos dissolvidos pela lixiviação dos sedimentos na fração granulométrica utilizada tiveram por objetivo a quantificação dos elementos livres, sendo esse procedimento pouco utilizado nos trabalhos de quantificação de metais pesados realizados

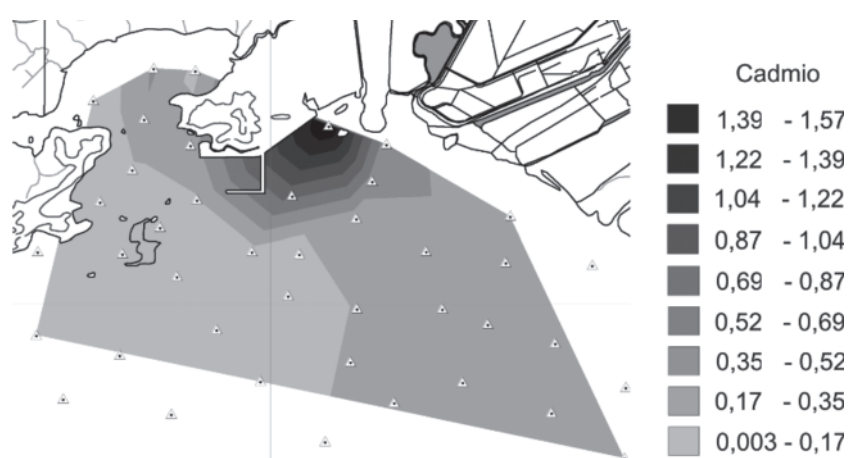
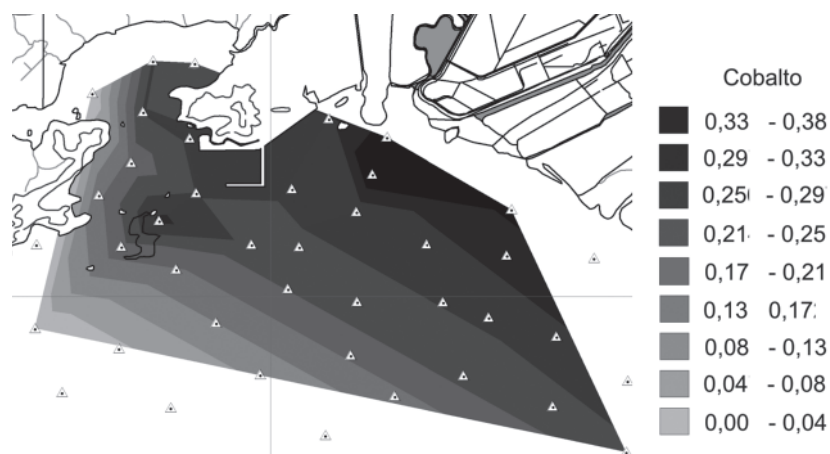


Figura 8. Mapa de isolinhas de concentração do elemento Cd em $\mu\text{g.g}^{-1}$, na baía de Sepetiba.

Figura 9. Mapa de isolinhas de concentração do elemento Co em $\mu\text{g.g}^{-1}$, na baía de Sepetiba.



na baía de Sepetiba.

Um desses trabalhos que realizaram procedimentos de lixiviação foi reportado por Lacerda et al. (1987 e 1988), com os valores mínimos, máximos e a média em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente: para cobre, 0,6 e 166, 22,9; para cromo, 1,2 e 29,5, 9,5; para cádmio, 0,5 e 7,4, 1,9 e para chumbo, 6,5 e 32,8, 16,4. Esses resultados indicam aumento da disponibilidade de Zn, decréscimo de Pb e persistência da contaminação por Cd ($1,9$ a $1,57 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em comparação com as concentrações aqui reportadas. Pestana (1989) atribuiu disponibilidades de, no mínimo, 20% das concentrações totais para os metais pesados no rio da Guarda e canal de São Francisco (exceto Cr). Nessa pesquisa, a disponibilidade variou de 0,05% a até, no máximo, 27,8%.

A pesquisa de Amado Filho et al. (1999) mostrou a forte bioacumulação de Zn e Cd em duas espécies de alga marrom, com valores ligeiramente superiores a até duas vezes o máximo de Cd reportado por Lacerda et al. (1987), e o valor apresentado neste trabalho ($1,57 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

De Souza Lima et al. (2002) obtiveram bioacumulação entre 4 espécies de peixes, destacando Zn e Cr como mais poluentes e, ainda, Cd, Cu, Pb e Fe acumulados nos seus pulmões. Os valores, por vezes, ultrapassaram as concentrações obtidas nesse estudo.

Rebello et al. (2003) obtiveram concentrações altíssimas de Zn e concentrações superiores de Cd em ostras da baía

de Sepetiba, em relação aos valores disponíveis encontrados nos sedimentos, comprovando a forte contaminação.

Outro trabalho que permite comparações com os resultados apresentados foi realizado por Ribeiro (2006), utilizando extração ácida com os ácidos HCl 1M e HCl 0,5. Os valores obtidos pela investigação resultou em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$: cádmio, 0,85 e 3,30; cobre, 0,92 e 7,56; níquel, 1,35 e 20,67 e Chumbo, 0,26 e 24,62; valores muito superiores em relação aos encontrados nesse trabalho.

Ferreira et al. (2010) analisaram águas superficiais e garças da baía de Sepetiba. Zn, Cd e Cu ocorreram em maiores concentrações nas águas, e sendo o $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Cr}$ acumulados nos órgãos das aves. Esse fato corrobora a poluição contaminante, visto que os últimos quatro metais não possuem funções biológicas nas garças.

Trabalhos em andamento na baía de Sepetiba reportados por Cunha et al. (2009) indicam que os isótopos de Pb apresentam duas assinaturas, interpretadas como duas fontes poluentes atuantes no sistema aquático da baía. A primeira assinatura foi observada nas amostras próximas do rio Guandu, correspondente às áreas de maior concentração dos metais. A segunda assinatura indica uma fonte nas águas do oceano que entram na baía devido às correntes de maré, com baixas concentrações de metais.

Conclusões

Os resultados obtidos até o momento na baía de Sepetiba, quando lançados em cartografia georreferenciada, permitiram a visualização de áreas com anomalias de concentrações nos elementos Cu, Pb, V, Cr, Cd, Co e Ni. Essas áreas mais impactadas se localizam nos arredores do porto de Sepetiba e na barra do Rio Guandu. Esses resultados permitem interpretar a existência de duas fontes poluentes atuantes no sistema aquático da baía. A primeira assinatura foi observada nas amostras próximas do rio Guandu, correspondente às áreas de maior concentração dos metais. A segunda assinatura indica uma fonte nas águas do oceano ao norte da ilha do Martins, no canal por onde entram os navios para o porto de Sepetiba. A comparação das análises das amostras coletadas indica uma diminuição em relação aos valores de concentração observados nos trabalhos anteriores, sugerindo uma permanência das fontes poluidoras na baía de Sepetiba.

Agradecimentos

Esse trabalho foi apoiado pela FAPERJ E-26/100.662/2007 e pelo CNPq 554449/2006-2, 501710/2007-8. Agradecemos também ao INPE.

Referências:

- AMADO FILHO, G.M., ANDRADE, L.R., KAREZ, C.S., FARINA, M., PFEIFFER, W.C. 1999. Brown algae species as biomonitors of Zn and Cd at Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research*, v.48 issue 3: 213-224.
- BARBOSA, M.C., ALMEIDA, M.S.S., 2001. Dredging and disposal of fine sediments in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Hazardous Materials* 85, 15-38.
- BARCELLOS C., LACERDA L.D. 1994. Cadmium and zinc source assessment in the Sepetiba Bay and Basin. *Environ Monitor Assess* 29:183-199
- BARCELLOS, C., REZENDE, C. E., & PFEIFFER, W.C., 1991. Zn and Cd production and pollution in a brazilian coastal region. *Mar. Poll. Bull.* 22, 558-561
- BINDLER, R., RENBERG, I., ANDERSON, N.J., APPLEBY, P.G., EMTERYD, O., BOYLE, J. 2001. Pb isotope ratios of lake sediments in west Greenland: inferences on pollution sources. *Atmospheric Environment* 35:4675-4685.

- MMA, 2004. Resolução CONAMA 344 de 25 de Março de 2004. Brasília, DF.
- COPELAND, G., MONTEIRO, T., COUCH, S., BORTHWICK, A., 2003. Water quality in Sepetiba Bay, Brazil. *Marine Environmental Research* 55, 385-408
- CUNHA, C.L.N., ROSMAN, P.C.C., FERREIRA, A.P., MONTEIRO, T.C.N.M., 2006. Hydrodynamics and water quality models applied to Sepetiba Bay. *Continental Shelf Research* 26, 1940-1953.
- CUNHA, B. C. A., ROCHA, D.S, GERALDES, M. C., PEREIRA, S.D., ALMEIDA, A.C., 2009 Pb isotopic signatures in sediments of a subtropical coastal lagoon: Antropogenic source for metal contamination in the Sepetiba Bay (SE – Brazil). *Journal of Coastal Research Special Issue 56. International Coastal Symposium.*
- DE SOUZA LIMA, R.G., ARAÚJO, F.G., MAIA, M. F., PINTO, A.S.S.B. 2002. Evaluation of Heavy Metals in Fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Research Section A* 89, 171-179.
- FERREIRA, A.P., HORTA, M.A.P., CUNHA, C.L.N. 2010. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 10(2): 229-241
- GRANEY, J.R., HALLIDAY, A.N., KEELER, G.J., NRIAGU, J.O., ROBBINS, J.A., NORTON, S.A. 1995. Isotopic record of lead pollution in lake sediments from the Northeastern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59(9):1715-1728.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2002 Anuário estatístico do Estado do Rio de Janeiro, Bull. 18, [CD-ROM], Secretaria Estadual de Planejamento, Desenvolvimento Econômico e Turismo, Rio de Janeiro.
- HELLAND, A., GÖRAN, A., SKEI, J. 2002. Source dependent behavior of lead and organic matter in the Glomma estuary, SE Norway: evidence from isotope ratios. *Marine Chemistry* 78:149-169.
- HINRICHS, J., DELLWIG, O., BRUMSACK, H.J. 2002. Lead in sediments and suspended particulate matter of the German Bight: natural versus anthropogenic origin. *Applied Geochemistry* 17:621-632.
- HIRAO, Y., MABUCHI, H., FUKUDA, E., TANAKA, H., IMAMURA, T., TODOROKI, H., KIMURA, K., MATSUMOTO, E. 1986. Lead isotope ratios in Tókió Bay sediments and their implications in the lead consumption of Japanese industries. *Geochemical Journal* 20:1-15.
- INPE. 2009. Instituto de Pesquisas Espaciais. www.dgi.inpe.br/CDSR/ acessado em 15 mar 2009.
- LACERDA, L.D.; PFEIFFER, W.C. AND FISZMAN, M. 1987. Heavy metal distribution, availability and fate in Sepetiba Bay, S.E. Brazil. *The Science of the Total Environment*, 65: 163 – 173.
- LACERDA, L.D.; SOUZA, C.M.M.; PESTANA, M.H.D. 1988. Geochemical distribution of Cd, Cu, Cr and Pb in sediments of estuarine areas along the southeastern Brazilian coast. In: *Metals in Coastal Environments of Latin America, 1988*, Springer Verlag, pp 86-89.
- LACERDA L.D, MARINS R.V, BARCELLOS C. 2002. Anthropogenic fluxes of sediments and trace metals of environmental significance to Sepetiba Bay, SE Brazil. In: Lacerda LD, Kremer H, Kjerfve B, Salomons W, Marshall Crossland JI, Crossland JC (eds) *South American basins: LOICZ global change assessment and synthesis of river catchment - coastal sea interaction and human dimensions. LOICZ Reports and Studies no 21. LOICZ, Texel*, pp 212.
- MOLISANI M.M., MARINS, R.V., MACHADO, W., PARAQUETTI, H.H.M., BIDONE, E.D., LACERDA, L.D. 2004. Environmental Changes in Sepetiba Bay, SE Brazil. *Region. Environ. Change* 4, 17-27.
- MONNA, F., CLAUER, N., TOULKERIDIS, T., LANCELOT, J.R. 2000. Influence of anthropogenic activity on the lead isotope signature of Thau Lake sediments (southern France): origin and temporal evolution. *Applied Chemistry* 15(9):1291-1305.
- OUTRIDGE, P.M., HERMANSON, M.H., LOCKHART, W.L. 2002. Regional variations in atmospheric deposition and sources of anthropogenic lead in lake sediments across the Canadian Arctic. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66(20):3521-3531.
- PARAQUETI, H.H.M., AYRES, G.A., ALMEIDA, M.D., MOLINASI, M.M., LACERDA, L.D., 2004. Mercury distribution, speciation and fluxes in the Sepetiba Bay tributaries, SE Brazil. *Water Research* 38, 1439-1448.
- PEDLOWISK, M.A.; LACERDA, L.D.; OVALLE, A.R.C.; WATTS, P.P.; SILVA FILHO, E.V. 1991. Atmospheric inputs of Zn, Fe and Mn into Sepetiba Bay, Rio de Janeiro. *Ciência e Cultura*, 43(5), 380-382.
- PESTANA, M.H.D. 1989. Partição geoquímica de metais pesados em sedimentos estuarinos nas Baías de Sepetiba e da Ribeira. Tese de Doutorado - Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ.
- REBELO, M.F., AMARAL, M.C.R., PFEIFFER, W.C. 2003. High Zn and Cd accumulation in the oyster *Crassostrea rhizophorae*, and its relevance as a sentinel species. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1341-1358.
- REZENDE, C.E.; LACERDA, L.D.; ALVES, M.A. & SOUZA, C.M.M. 1987. Distribution of Cr, Pb, Zn, Cu, Fe and Mn in sediment cores from two polluted bays along the Rio de Janeiro coast, Brazil. In: *International Conference of Heavy Metals in the Environment v. II.*, Nova Orleans, p. 306-308.
- RIBEIRO, A.P. 2006. Procedimento de fracionamento comparado a modelo de atenuação para avaliação de mobilidade de metais pesados em sedimentos da baía de Sepetiba - Rio de Janeiro. Dissertação de Doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 145 p.
- TATSUMOTO, M. AND PATTERSON, C.C. 1963. Concentrations of common lead in some Atlantic and Mediterranean waters and snow. *Nature* 199:350-352.