AVALIAÇÃO DOS TEORES DE Cd, Cr, Ni, Pb E Zn EM SEDIMENTOS DE MANGUEZAIS DO SACO DO MAMANGUÁ (BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ)

PRELIMINARY ASSESSMENT OF Cd, Cr, Ni, Pb AND Zn LEVELS IN MANGROVE SEDIMENTS OF SACO DO MAMANGUÁ (ILHA GRANDE BAY, RJ)

CERQUEIRA, Alexandre Andrade¹; MARQUES, Monica Regina da Costa^{1,2}; SOUZA, Paulo Sérgio Alves^{1*}; SOARES, Mario Luiz Gomes ¹, PEREZ, Daniel Vidal ³.

¹Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente (PPG-MA) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Rua São Francisco Xavier, 524, sala 12005, CEP 20550-013 – Maracanã – RJ – Brasil. (fone: +55 21 2334-0159; fax: +55 21 2334 0159)

² Programa de Pós-graduação em Química (PPGQ) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524 PHLC, sala 304, CEP 20550-013 – Maracanã – RJ – Brasil. (fone: +55 21 2334-0159; fax: +55 21 2334 0159)

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024, Jardim Botânico, 22460-000 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

* Autor correspondente

e-mail: paulosasouza@gmail.com

Received 6 May 2013; received in revised form 28 May 2013; accepted 14 June 2013

RESUMO

O Saco do Mamanguá, se localiza na Baía da Ilha Grande, costa oeste do Estado do Rio de Janeiro e sofre intensa pressão de degradação, principalmente pela especulação imobiliária para a construção de condomínios e “resorts”. É uma região extremamente vulnerável, tendo em vista que existem na região da baía de Ilha Grande grandes empreendimentos potencialmente poluidores de ecossistemas aquáticos, como os manguezais. Amostras de sedimentos superficiais foram coletadas no manguezal do Saco do Mamanguá. Nesta região, foram coletadas amostras em cinco pontos de amostragem paralelos à linha da costa com distância de aproximadamente 10 m entre eles. Posteriormente foram secas, peneiradas e submetidas a análises de caracterização físico-química e de determinação dos metais pesados: Cd, Cr, Ni, Pb e Zn após digestão com água régia assistida por radiação micro-ondas. As concentrações dos metais foram determinadas por espectrometria de absorção atômica com chama. Os resultados mostraram que o manguezal do Saco do Mamanguá apresenta teores médios de Cd, Ni e Pb acima dos níveis estabelecidos como critérios de qualidade de sedimentos dos órgãos ambientais canadense e norte americano, demonstrando a sua vulnerabilidade frente aos agentes de contaminação de metais pesados existentes na Baía da Ilha Grande.

Palavras-chave: *Sedimento, Metais Pesados, Manguezais, Baía da Ilha Grande.*

ABSTRACT

“Saco do Mamanguá” is located in Ilha Grande Bay, west coast Rio de Janeiro State and suffers intense pressure degradation, mainly by speculation to build “resorts”. The region is extremely vulnerable, given that there are in the region of Ilha Grande bay potentially polluting enterprises, such as mangroves. Samples of surface sediments were collected in “Saco do Mamanguá”. In this region, samples were collected at five sampling points parallel to the shoreline at a distance of approximately 10 m between them. Subsequently dried, sieved and analyzed for physico-chemical characterization and determination of heavy metals: Cd, Cr, Ni, Pb and Zn after digestion with aqua regia assisted by microwave radiation. The metal concentrations were determined by atomic absorption spectrometry with flame. The results showed that the sediments in “Saco do Mamanguá” mangrove presents average levels of Cd, Ni and Pb above the established as criteria for sediment quality by environmental agencies from Canada and United States of America, demonstrating its vulnerability to contaminants of heavy metals existing in the Bay of Ilha Grande.

Keywords: *Sediments, Heavy metals, Mangrove, Ilha Grande bay.*

INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais e subtropicais e sujeitos ao regime das marés. Ocorrem geralmente em regiões costeiras abrigadas como estuários, baías e lagoas, e apresentam condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços (SOARES *et al.*, 2003). No Brasil, a área ocupada pelas florestas de mangue é estimada 13.000 km² Spalding *et al.* (2010) que se estendem desde o extremo norte (Rio Oiapoque - 04° 20' N) até Laguna, em Santa Catarina (28° 30' S) (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989).

Sedimentos de manguezais são formados por sólidos suspensos ou depositados e são fonte de recursos energéticos para o compartimento biótico e componentes-chave para a avaliação da integridade ecológica desses ambientes (MOREIRA, 2003; SEDNET, 2004).

As condições anóxicas, a presença de material particulado fino e o elevado conteúdo de matéria orgânica, característicos dos sedimentos de manguezais, podem contribuir para reduzir os efeitos potencialmente deletérios da contaminação por elementos-traços (como Cd, Cr, Pb, Zn, entre outros) (SILVA *et al.*, 1990; TAM, 1995). Isso se deve à baixa disponibilidade dos mesmos acumulados no interior dos sedimentos para a remobilização e incorporação pela biota (LACERDA *et al.*, 1991; SADIQ *et al.*, 1994). No entanto, a degradação das florestas de mangue e alterações nas condições ambientais e físico-químicas (pH, potencial redox e ação microbiana, entre outras) podem remobilizar os elementos-traços dos sedimentos, contaminando a água e levando à bioacumulação e transferência na cadeia trófica (HOROWITZ, 1991; LACERDA, 1998; LIMA *et al.*, 2001; PETERS *et al.*, 1997).

Valores de referência para a química do solo/sedimento são atualmente solicitados na composição do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) previstos no artigo 225, § 1º, IV da Constituição Federal (BRASIL, 1988). Eles são instrumentos importantes para aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável e da prevenção.

Órgãos governamentais de proteção

ambiental existentes em vários países desenvolvidos já estabeleceram valores orientadores para a avaliação da qualidade dos sedimentos para água doce e ecossistemas costeiros e marinhos. Esses valores fornecem informações a respeito da relação entre a concentração de poluentes (como os metais pesados) no sedimento e qualquer efeito adverso resultante da exposição a esses contaminantes (MEDEIROS, 2009).

Localizada entre duas grandes metrópoles (as cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo), a baía de Ilha Grande abriga uma grande beleza paisagística e uma rica fauna e flora, sendo um santuário de biodiversidade singular (CREED *et al.*, 2007). Entre os paralelos 23 17' e 23 18' S e o meridiano 044 38' W, localizam-se, ao fundo, os manguezais do Saco do Mamanguá em Parati Mirim (Parati, RJ) no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

Figura 1 – Localização da região do Saco do Mamanguá.

Esta região é gerida oficialmente pela Reserva Ecológica da Juatinga – REJ, criada pelo Decreto Estadual nº 17.981 de 30 de outubro de 1992. Com cerca de 8.000 hectares, a Reserva Ecológica é constituída por inúmeras praias que permeiam os costões rochosos e ocupa doze núcleos de ocupação de populações tradicionais como os índios caiçaras (SILVEIRA E BRANDÃO, 2009).

A exemplo de outras regiões, os remanescentes florestais da região sul do Estado do Rio de Janeiro, estão sobre intensa pressão de degradação, principalmente pela especulação imobiliária para a construção de condomínios e

“resorts” (VELHO, 2011).

Além disso, apesar de ser considerada área livre de contaminação por ação de tensores antropogênicos, o Saco do Mamanguá é uma região extremamente vulnerável (TEIXEIRA, 2009). Existem na região da baía de Ilha Grande empreendimentos de grande porte que são fontes potenciais de contaminação de seus manguezais como um porto comercial, um terminal de petróleo, um terminal de minérios, duas usinas nucleares e um estaleiro (CREED *et al.*, 2007). Entretanto, apesar do exposto anteriormente, existem poucos estudos de avaliação da contaminação por metais pesados nos sedimentos dos manguezais do Saco do Mamanguá.

O presente trabalho teve como objetivos efetuar a caracterização físico-química e avaliar os teores de metais pesados elementos-traços (Cd, Cr, Ni, Pb e Zn) em sedimentos de manguezais do Saco do Mamanguá (Baía de Ilha Grande, RJ) e fazer a comparação com critérios indicativos da qualidade dos sedimentos descritos na literatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e preparação das amostras

Amostras de sedimentos superficiais (0–10 cm de profundidade) foram coletadas no manguezal do Saco do Mamanguá na região de coordenadas 23°17'43.1"S e 44°38'28.3"W, durante a maré baixa, na área de franja (localizada na zona intermarés) no mês de março de 2010. Nesta região, foram coletadas amostras em cinco pontos paralelos à linha da costa (M1, M2, M3, M4 e M5) com distância de aproximadamente 10 m entre eles. As amostras foram coletadas com colheres plásticas previamente descontaminadas com solução de ácido nítrico 1:1, acondicionadas em sacos plásticos herméticos de polietileno e mantidas sob refrigeração com gelo a 4 °C até a chegada ao laboratório onde foram congeladas. Após serem descongeladas, as amostras foram colocadas em cápsulas de porcelana previamente descontaminadas em solução de HNO₃ 1:1 e secas em estufa a 103-105°C até peso constante. Posteriormente foram maceradas e homogeneizadas em gral de porcelana, passadas em peneira de *nylon* de abertura de 2 mm e acondicionadas e identificadas em sacos de polietileno.

Caracterização físico-química dos sedimentos

No momento da coleta das amostras foram feitas medições de pH, Eh e temperatura com um analisador multiparâmetros (fabricante: Quimis). A análise granulométrica (frações areia grossa, areia fina, silte e argila), foi feita pelo método do densímetro, o teor de matéria orgânica foi determinado por meio da oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio em meio sulfúrico e o nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl por destilação à vapor (EMBRAPA, 1997). O fósforo total foi determinado por ICP-OES (Perkin Elmer Optima 3000). Todas as análises foram realizadas nos laboratórios do Centro Nacional de Pesquisa do Solo (Embrapa-Solos).

Determinação dos teores dos metais pesados

Para a quantificação dos metais pesados utilizou-se a metodologia de abertura de amostras sólidas descrita por Melaku *et al.* (2005), que consiste na digestão ácida na presença de água régia (3HCl + 1HNO₃) assistida por radiação microondas, conforme o descrito a seguir: uma massa de 0,25 g de amostra de sedimento seco e peneirado foi pesada em balança analítica e transferida para tubos de digestão de teflon ao qual foram adicionados 6 mL de ácido clorídrico (HCl) concentrado e 2 mL de ácido nítrico (HNO₃) concentrado P.A.. A digestão foi feita em equipamento de microondas (Anton Paar, multiwave 3000), com a seguinte programação: pressão de 20 bar, potência de 1.200 W, aquecimento até 140°C por 15:00 min e manutenção a 145°C durante 30:00 min. De forma a se assegurar a qualidade dos resultados obtidos, juntamente com as amostras de sedimentos foram utilizados brancos analíticos e digeridas amostras do material de referência certificado BCR-141R (“Calcareous Loam Soil”). As determinações das concentrações dos elementos-traço Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn foi feita em triplicata, empregando-se um espectrômetro de absorção atômica com chama (Varian AAS 240).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-química dos sedimentos

O pH médio obtido nos cinco pontos de

amostragem foi de 6,61 (Tabela 1). Segundo VallHay & Lacerda (1980), os sedimentos de manguezais tem por característica apresentar ampla variação nos valores de pH. Isso se deve a fatores sazonais como o efeito dos produtos de decomposição da matéria orgânica e da hidrólise do tanino que produzem vários tipos de ácidos (QUINÁGLIA, 2006; TAM, 1995).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos das amostras de sedimentos

Parâmetro	Valor Obtido*
pH	6,61
Eh (mV)	-357
Temperatura (°C)	29,9
Matéria orgânica (g Kg ⁻¹)	132,7
N total (g Kg ⁻¹)	6,9
P total (mg Kg ⁻¹)	600

* médias dos cinco pontos de amostragem

Os valores de Eh obtidos (Tabela 1) indicam que os sedimentos da região (Eh = - 357 mV) são de características redutoras, que são favoráveis à incorporação de elementos traços por processos de precipitação, principalmente na forma de sulfetos (SALOMONS *et al.*, 1995). O elevado conteúdo de matéria orgânica (132,7 g Kg⁻¹), também favorece a retenção de elementos traços por processos complexação com os ácidos húmicos (BAIRD, 2002).

Os manguezais são ambientes naturalmente enriquecidos por nutrientes como N e P, que podem estar presentes nas formas orgânicas e inorgânicas e que são ciclados no meio ambiente por meio dos ciclos biogeoquímicos (RIBEIRO, 2006). Os resultados obtidos indicaram que os sedimentos da região possuem elevados teores de nitrogênio total e fósforo total (Tabela 1). Isto se deve, possivelmente, ao fato desta região se localizar em um manguezal localizado em uma área de elevada produtividade biológica, onde se encontra a Reserva Ecológica da Juatinga.

Com relação à composição granulométrica (Tabela 2), observa-se que na região predominam as frações mais finas (silte e argila). Segundo Clark *et al.* (1998), a distribuição preferencial das florestas de mangue em áreas abrigadas favorece a deposição de partículas finas por processos de adsorção e de elementos traços associados a essas partículas. A análise granulométrica também corrobora com o elevado teor de matéria orgânica obtido, visto que, a

grande área superficial das partículas finas também apresenta alta capacidade de adsorção de matéria orgânica (CARDOSO, 2001; TAM, 1995).

Tabela 2. Composição granulométrica do sedimento

Composição	Valor Obtido (g Kg ⁻¹)
Areia grossa (2 – 0,20 mm)	100
Areia fina (0,20 – 0,05 mm)	12
Silte (0,05 – 0,02 mm)	388
Argila total (< 0,002 mm)	500

Determinação das concentrações dos metais pesados

As taxas de recuperação obtidas para os metais Cd, Cr, Ni, Pb e Zn no material de referência certificado BCR-141R foram respectivamente de: 148%, 66%, 89%, 104% e 101%. Com exceção do Cr e do Cd, todos os metais apresentaram percentuais de recuperação dentro da faixa de 75-125% recomendada internacionalmente (USEPA, 1996).

A baixa recuperação do Cr pode ser explicada pelo fato de que esse material certificado não apresentou uma solubilização total na digestão por micro-ondas, além de que o Cr, sendo um elemento refratário, estar fortemente ligado aos silicatos de difícil solubilização (HORTELLANI E SARKIS, 2008). Em relação ao Cd, provavelmente ocorreu algum erro aleatório durante o procedimento analítico já que o percentual de recuperação obtido foi de aproximadamente 146%.

Tabela 3. Concentrações dos metais pesados (mg kg⁻¹) médias e obtidas em cada ponto de amostragem.

Ponto	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn
M1	3,9	24,6	33,8	43,2	64,5
M2	4,1	28,3	31,8	34,8	63,5
M3	4,0	30,6	35,4	43,6	79,5
M4	4,2	34,7	34,2	44,0	81,9
M5	4,7	32,9	34,6	43,6	80,7
x±dp	4,2±0,3	30,2±4	34,0±1	42,1±3	74,1±9

x- média; dp- desvio padrão.

Para a verificação do impacto causado pela presença desses metais poluentes, foram considerados dois critérios: um foi estabelecido pela legislação canadense, e define dois limites e três faixas para sedimentos de águas salobras e salinas: o TEL (que indica o nível abaixo do qual não ocorre efeito adverso à biota) e o PEL (que é o nível acima do qual é provável a ocorrência de efeito adverso à biota), e a faixa entre o TEL e o PEL, que representa uma possível ocorrência de efeito adverso à biota. O outro é o critério americano que define dois limites e três faixas para definir a qualidade dos sedimentos: o ERL (que indica o limite de concentração abaixo do qual os sedimentos raramente são tóxicos); o ERM (que indica que os sedimentos provavelmente são tóxicos quando algum elemento metálico ultrapassa esse valor) e a faixa entre o ERL e o ERM que indica que os sedimentos possivelmente são tóxicos.

Tabela 4 . Limites TEL ("Threshold Effect Level") - PEL ("Probable Effect Level") e ERL ("Effects Range – Low") –ERM ("Effects Range-Medium") para os metais pesados analisados em mg Kg⁻¹.

Metal pesado	TEL ^a	PEL ^a	ERL ^b	ERM ^b
Cd	0,7	4,21	1,2	9,6
Cr	52,3	160	81	370
Ni	15,9	42,8	20,9	51,6
Pb	30,2	112	46,7	218
Zn	124	271	150	410

^asedimentos de água salobra e salina.

^b sedimentos estuarinos e marinhos.

Os resultados obtidos mostram que dentre os metais analisados (Tabela 3) o Cd (4,2±0,3 mg Kg⁻¹) e Ni (34±1 mg Kg⁻¹) apresentaram teores entre os níveis de referência TEL/PEL e ERL/ERM, indicando possível ocorrência de efeito adverso à biota e que os sedimentos possivelmente são tóxicos com relação a esses elementos (Tabela 4). O Pb (42,1±3 mg Kg⁻¹) apresentou teores entre os níveis TEL/PEL (indicando possível ocorrência de efeito adverso à biota) e abaixo do ERL (indicando que os sedimentos raramente são tóxicos em relação a este elemento). O Cr e o Zn apresentaram teores abaixo dos níveis TEL e ERL, sendo os metais com menor grau de contaminação do presente estudo.

CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o manguezal do Saco do Mamanguá apresenta teores médios de Cd, Ni e Pb acima dos níveis estabelecidos como critérios de qualidade de sedimentos dos órgãos ambientais canadense e norte americano.

Os teores dos metais pesados encontrados nos sedimentos de manguezais do Saco do Mamanguá, que está localizado em uma Reserva Biológica, demonstram a vulnerabilidade de uma unidade de conservação frente a agentes remotos, como as fontes de contaminação antrópica da Baía da Ilha Grande.

Os resultados analíticos apresentados no presente estudo podem contribuir para o estabelecimento de critérios e valores orientadores de qualidade de sedimentos marinhos pelos órgãos ambientais nacionais. Legislações ambientais mais restritivas podem contribuir para minimizar e prevenir os impactos ambientais causados por atividades antrópicas nos manguezais do Saco do Mamanguá, preservando esta área e mantendo-a como referência para manguezais não contaminados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIRD, Colin (2002) Química ambiental. 2ª Ed., Porto Alegre. Ed. Bookman, 622p.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.
- _____. Resolução nº 344 de 25 de Março de 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34404.xml>>.
- Cardoso A. G. A., *J. Braz. Chem. Soc.* 2001, 12, 767.
- CLARK Malcolm W.; McCONCHIE D.; LEWIS D. W.; SAENGER P.. Redox stratification and heavy metal partitioning in *Avicennia*-dominated mangrove sediments: a geochemical model. *Chemical Geology*. v.149, n. 3-4, p. 147-171, 1998.
- CREED, J. C.; PIRES, D. O.; FIGUEIREDO M. A. O. (2007) Biodiversidade Marinha da Baía de Ilha Grande. Brasília. Ministério do Meio Ambiente, 417p.
- EMBRAPA – Projeto Manguezais. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/site_proje>

- to_manguezais/importancia.htm>. Acesso em 13 out. 2009.
8. EMBRAPA (1997) Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro. Embrapa Solos.
 9. HOROWITZ, A. (1991) A primer on sediment- trace element chemistry. 2ª ed., Boca Raton. Lewis Publishers
 10. HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S.. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do estuário Santos - São Vicente. *Química Nova*. v. 31, n. 1, p. 10-19, 2008.
 11. Lacerda, L.D. (1998) Biogeochemistry of Trace Metals and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. Okinawa, International Society for Mangrove Ecosystems.
 12. Lacerda, L.D., Rezende, C.E., Aragon, G.T., Ovalle, A.R., **Water, Air and Soil Pollution**. 1991 56/ 57, 513;
 13. Lima, M. C.; Giacomelli, M. B. O.; Süpp, V.; Roberge, F. D.; Barrera, P. B; **Quim. Nova** 2001, 24, 734.
 14. MAYER, L. M.; FINK, K. F. R.. Granulometric dependence of chromium accumulation in estuarine sediments in Maine.. *Estuarine, coastal and shelf science*. v.11, p. 491-503, 1980.
 15. MEDEIROS, R. L. S. *Avaliação das condições química e física dos sedimentos do estuário Jundiá - Potengi*. 107 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Exatas e da Terra da UFRN, Natal, 2009.
 16. MELAKU, S.; DAMNS, MOENS, L.. Determination of trace elements in agricultural soil samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry: Microwave acid digestion versus aqua regia extraction. **Analytica chimica acta**. v. 543, p. 117-123, 2005.
 17. Moreira, R. C. A.; Boaventura, G. R.; **Quim. Nova** 2003, 26, 812.
 18. Peters, E.C., Gassman, N.J., Firman, J.C., Richmond, R.H., Power, E.A., **Environmental Toxicology and Chemistry** 1997, 16, 12.
 19. QUINÁGLIA, G. A. *Caracterização dos níveis basais de concentração de metais nos sedimentos do sistema estuarino da baixada santista*. 269 f. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Química da USP, São Paulo, 2006.
 20. RIBEIRO, A.B. *Procedimento de fracionamento comparado a modelo de atenuação para a avaliação de mobilidade de metais pesados em sedimentos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro*. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas, São Paulo, 2001.
 21. Sadiq, M., Zaidi, T.H., **Science of the Total Environment**. 1994, 155, 18.
 22. SALOMONS, W.; STIGLIANI, W. M. (1995) Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments: Risk assesement of delayed and non linear responses. Berlin, Springer.
 23. SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. *Publicação Especial, Instituto Oceanográfico, São Paulo*, 7: 1-16., 1989
 24. SEDNET <http://www.sednet.org>, acessada em Dezembro 2010.
 25. Silva, C.A.R., Lacerda, L.D., Rezende, C.E., **Biotropica** 1990, 22, 339;
 26. Silveira, G. N.; Brandão, H. B. Aspectos da gestão da reserva ecológica da Juatinga sob a luz da gestão ambiental sob a luz da legislação ambiental considerando a ocupação por comunidades caiçaras. Tese Reserva da Juatinga – IEF/RJ e COPPE/UFRJ, 2009.
 27. Soares, M. L. G.; Chaves, F. O.; Corrêa, F. M.; Silva-Jr., C. M. G.; *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ* 2003, 26, 101.
 28. SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. (2010) World atlas of mangroves. London. Earthscan, 319 p.
 29. Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., **Marine Pollution Bulletin** 1995, 31, 254. 17.
 30. Teixeira, C. L. *Caracterização do sedimento superficial das enseadas da baía de Ilha Grande-RJ, com ênfase na distribuição espacial de metais*. 150p. Dissertação (Mestrado em Geociências-Geoquímica). Programa de Pós-Graduação em Geoquímica da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.
 31. U. S. EPA: United States Environmental Protection Agency . Inductively coupled plasma – Atomic absorption emission spectrometry. Method 6010B. Revision 2, December 1996. Disponível em: <

- <http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/6010c.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2010.
32. Vallhay, J.; Lacerda, L.D., *Ciência e Cultura* 1980, 32, 863.
33. VELHO, A. M. A. *Mutagênese ambiental: estabelecimento de valores de referência*

para manguezais da baía da Ilha Grande. 120f. Dissertação (Mestrado em Biologia). Programa de Pós-Graduação em Biologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.