

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mais importante do que aprender é nunca perder a capacidade de aprender
Leonardo Boff

Os resultados obtidos por este estudo podem ser comparados aos valores utilizado na resolução n.º 344/2004 da CONAMA para metais em sedimentos em águas salinas e salobras. Para fins de caracterização a CONAMA define que o método adotado deverá envolver a análise da fração total de sedimento de áreas poluídas por abertura total.

A fração de sedimento utilizadas após processamento em laboratório das amostras coletadas nas enseadas estudadas neste trabalho é inferior a 200 *mesh* (0,074 mm). Contudo, a área de estudo (Costa Verde) apresenta uma sedimentação com enorme variação granulométrica (variando de areia grossa a argila), que permite maior ou menor adsorção nos sedimentos dos metais disponíveis nas baías de Ilha Grande e Sepetiba. Sendo assim, o comparativo entre a resolução CONAMA e este trabalho pode ser realizada por utilizarem amostras de sedimentos.

Um banco de dados único foi constituído a partir de resultados de concentração de metais de 340 amostras e razão isotópicas de 91 amostras e, a partir da análise dos resultados foi possível caracterizar o que pode ser considerado como *background* e quais são os níveis de contaminação de metais nas enseadas. Dos 15 elementos analisados apenas os elementos Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, V e Zn foram utilizados para caracterizar a composição química dos sedimentos de fundo nas baías Ilha Grande e Sepetiba e assim, quantificar os níveis de contaminação que podem ser comparados aos níveis atualmente utilizados pelo CONAMA para sedimentos em águas salobras e salinas.

Embora os valores definidos pela resolução n. 344/2004 do CONAMA tenha seus níveis definidos de acordo com o impacto provocado por metais na biota, seus valores podem não refletir a real contaminação do meio, principalmente quando utilizado como balizador para parâmetros legais de contaminação. O fato dos valores de referência utilizados na citada resolução terem sido obtidos em trabalhos canadenses/estadunidense também deve ser destacado, pois estes padrões podem não refletir a realidade dos sedimentos da costa brasileiras caracterizada como um ambiente tropical.

Os dados utilizado como referência para contaminações de metais em sedimentos de água salina pela resolução CONAMA são fundamentados em compilações de trabalhos realizados na América do Norte por Long et al. (1995). Segundo esses autores foram consultados 340 trabalhos publicados, sendo descartados os que não atendiam as exigências de qualidade definidas para o objetivo de classificação de áreas contaminadas.

Long et al. (1995) utilizou rigoroso controle de qualidade quanto a seleção de dados, aos quais foram utilizados resultados apenas de amostras com digestão por ácido forte de forma a permitir identificar o *bulk* dos sedimentos, equiparável ao método utilizado nesse estudo; dados que tivessem o método de análise criteriosamente descrito, foram então trabalhados sob os termos estatísticos de maneira minimizar os possíveis erros. Os dados de compilação utilizados apresentavam, segundo os autores, representatividade espacial (embora não seja especificado o tamanho mínimo da área) e, com significativo gradiente de contaminação nas áreas estudadas.

Todas as enseadas apresentadas no presente trabalho (incluindo Sepetiba e Marambaia, obtidas na literatura) tiveram as amostras analisadas pelo mesmo método de abertura, ou seja, por digestão total, pelo mesmo equipamento analítico (ICP-MS e TD-ICP) e no mesmo laboratório (ActLabs), tanto para análise de concentração de metais, quanto para análise de razões isotópicas. Tal aspecto permite um tratamento dos dados de forma conjunta, devido à padronização do método de análise.

Long et al. (1995) assumiram que valores obtidos por ensaios de laboratório e dados obtidos em campo eram similares, apesar de que, não foram apresentados no trabalho o número amostral total ou limite de detecção dos métodos analíticos utilizados. Diversos métodos foram aceitos para a definição dos parâmetros de qualidade. Um número grande de métodos impossibilita a discussão quanto às suas particularidades e possibilidades de erros analíticos e interpretativos dos mesmos. Long et al. (1995) destacaram ainda que, dos dados utilizados, pouco tinham informações sedimentares ou de matéria orgânica das áreas estudadas.

Os aspectos relatados são importantes por diversos fatores, pois as condições marinhas da costa brasileira divergem das encontradas na costa da América do Norte e, no artigo utilizado como referência pelo CONAMA os processo de dispersão ou acumulação não foram

descritos ou comparados.

Dentre as principais características que diferenciam o presente trabalho do realizado por Long et al. (1995) se encontra a mineralogia/sedimentologia predominante nas baías. Nas regiões costeiras estudadas por Long et al. (1995), a característica sedimentológica indica a fração predominante de areia, sendo esta uma granulometria normalmente associada a minerais primários com menor poder de adsorção e maior concentração de metais móveis nas fases naturais (a exceção do quartzo). O material arenoso, normalmente, apresenta fases minerais com menor afinidade a matéria orgânica, sendo esse um agente de grande importância na fixação dos metais no ambiente aquoso. Em adição o material argiloso apresenta propriedades de adsorção que possibilitam a retenção de metais que podem atingir concentrações anômalas em ambientes naturais, sem a participação antrópica.

Não se deve também descartar as características geoquímicas das águas que banham a costa brasileira, bem como a temperatura média ao longo da lâmina d'água que irá influenciar na velocidade das reações e na taxa de precipitação dos metais no meio, afetando a pluma de concentração de metais e os sítios de deposição ou dispersão desses metais.

O contexto de efeito nocivo a atividade biótica utilizada no trabalho de Long et al. (1995) para definir níveis de contaminações se relacionam a espécies nativas do hemisfério norte. Ainda que algumas espécies sejam migratórias, as espécies mais especialistas e bentônicas que sustentam a cadeia trófica das baías analisadas apresentam diferentes metabolismos e tolerâncias aos metais incrementados ao seu habitat. Soma-se a isso o fato de que, na compilação utilizada pelos autores os métodos utilizados na análise dos organismos não foram citados. Por fim os autores sugerem os parâmetros apresentados no trabalho como um guia informal para definir níveis de contaminação, sendo necessário utilizar as particularidades de cada ambiente na definição de contaminação.

Com base nas considerações relativas ao trabalho desenvolvido por Long et al. (1995) pode-se fazer uma análise dos resultados obtidos e apresentados neste trabalho em comparações com os parâmetros utilizados pelo CONAMA. Na resolução CONAMA os valores proposto têm a finalidade de servir como parâmetro de comparação, pois devem ser consideradas as particularidades de cada ambiente e o *background* dos ambientes analisados, que podem apresentar variações de concentrações de acordo com o aporte sedimentar.

Em uma primeira instância é importante destacar que todas as amostras analisadas neste trabalho apresentam comportamentos similares na concentração dos elementos Mn, Pb e Zn (Figura 60), respeitando a ordem de grandeza da concentração de cada um desses elemento. Em outras palavras pode-se sugerir que esses elementos apresentam geoquímicos equivalentes com igual tendências de aumento e diminuição de concentração. Estes elementos podem ser correlacionados a assinaturas isotópicas específicas, também obtidas para as mesmas amostras analisadas. O padrão de distribuição das concentrações de Mn, Pb e Zn das amostras analisadas indica comportamentos semelhantes sendo os casos anômalos raros, onde altas concentrações específicas de um metal podem estar relacionadas a fases minerais enriquecidas nesse elemento.

Os resultados de razão isotópica discutidos nos itens de “Resultados e Discussões” indicam quais as principais fontes de metais na Costa Verde, mas não quantificam a contribuição dessas fontes, de forma que, tanto fontes naturais quanto fontes antrópicas podem estar representadas nestas assinaturas. O fato de não ser possível quantificar a contribuição de cada fonte justifica o padrão na distribuição das assinaturas isotópicas em relação à concentração de metais serem coerentes, onde se observa uma tendência geral a concentrações mais elevadas estarem vinculadas às assinaturas mais radiogênicas.

Os resultados das concentrações dos metais Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, V e Zn (Figura 61 a Figura 68) foram organizados de maneira a permitir a identificação de domínios com concentrações equivalentes, bem como identificar o padrão de distribuição das concentrações analisadas. Por análise gráfica e estatística é possível definir padrões na distribuição dos resultados desses metais. A organização dos resultados nas Figura 61 a Figura 68 também permite reunir os resultados de maneira que os intervalos possam ser agrupados e não seja prejudicada por valores anômalos. As amostras que apresentaram concentrações inferiores ao limite de detecção foram excluídas da representação e interpretação dos resultados para definição de padrões.

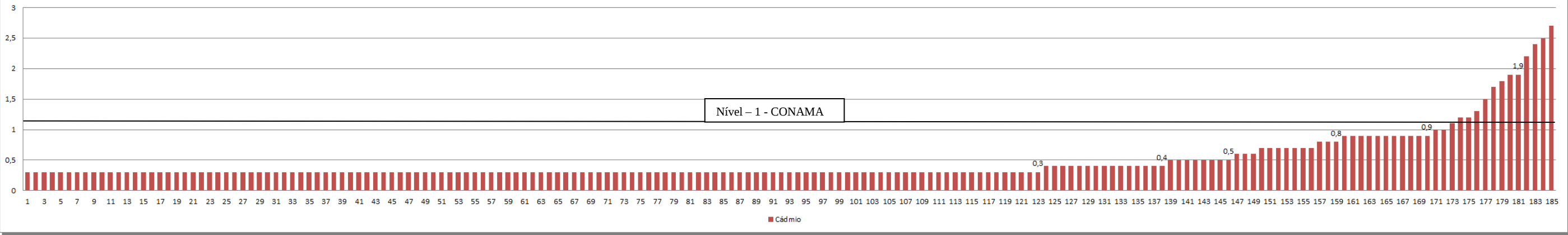
Foram plotados os níveis 1 e 2 definidos pela resolução CONAMA para cada elemento normatizado nas Figura 61 a Figura 68, onde os níveis 2, nem sempre puderam ser representados por apresentarem valores muito superiores a escala do presente trabalho.

Figura 60 - Concentrações de metais (Pb, Zn e Mn) e assinatura isotópica (²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb) da Costa Verde



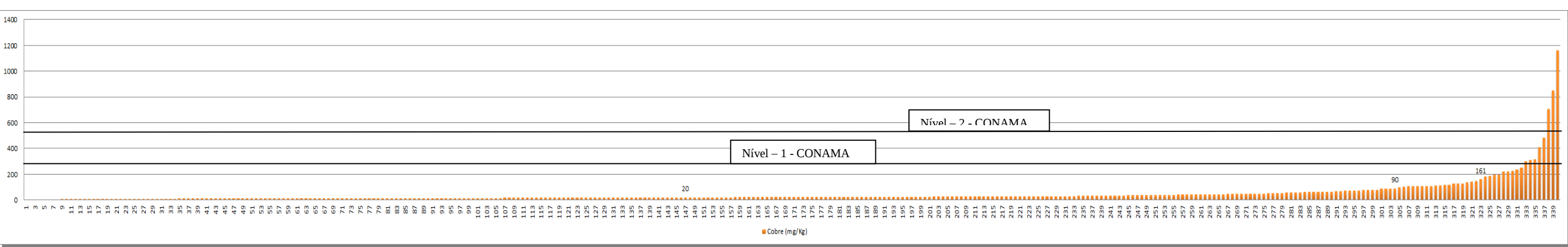
Fonte: A autora, 2015

Figura 61 - Gráfico da concentração de cádmio (mg/Kg), o número de observações com caracterização dos intervalos Background, influência antrópica e contaminação e nível 1 da resolução CONAMA



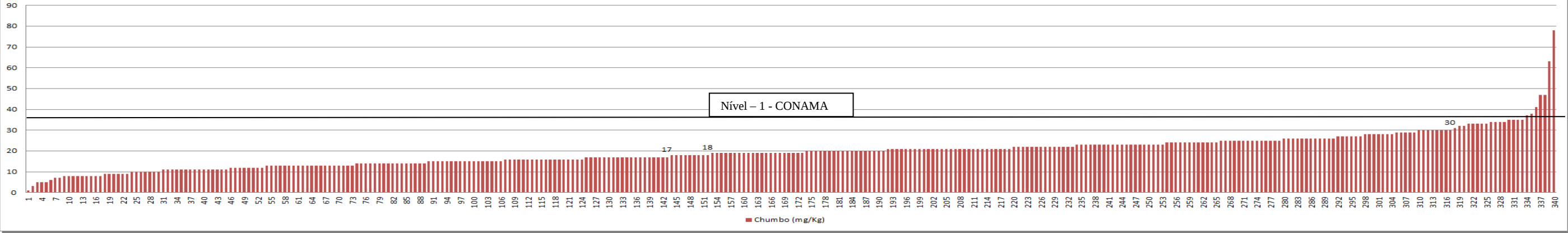
Fonte: A autora, 2015

Figura 62 - Gráfico da concentração de Cobre (mg/Kg), o número de observações e caracterização dos intervalos: Background, influência antrópica e contaminação e níveis 1 e 2 da resolução CONAMA 2



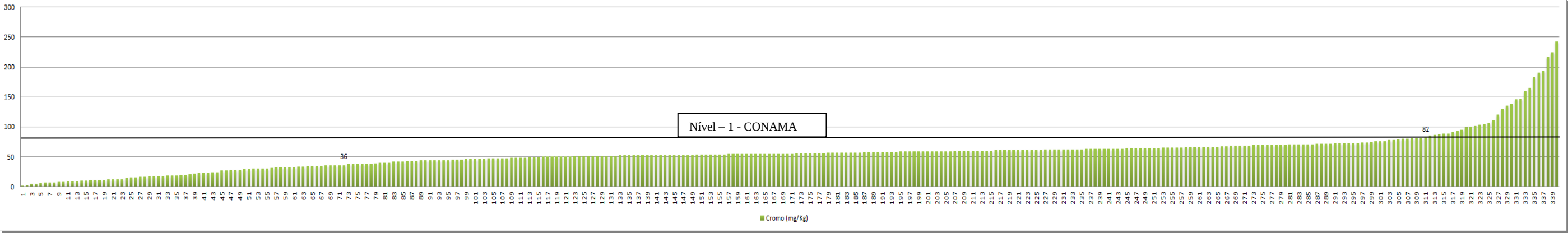
Fonte: A autora, 2015

Figura 63 - Gráfico da concentração de chumbo (mg/Kg), o número de observações com caracterização dos intervalos Background, influência antrópica e contaminação e nível 1 da resolução CONAMA



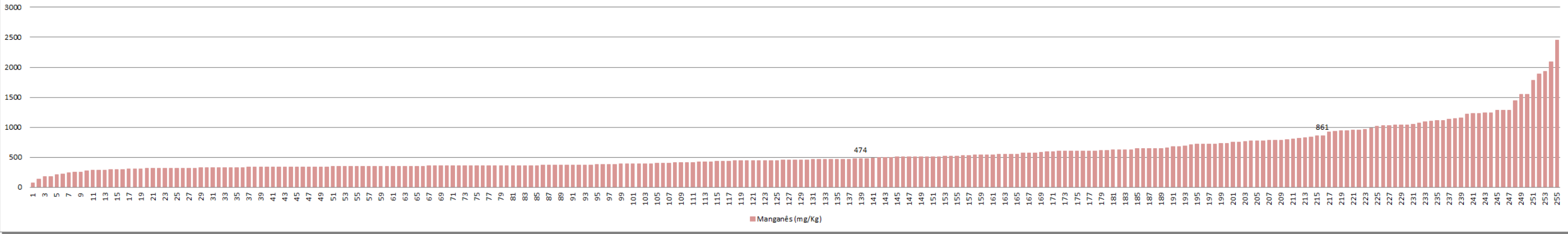
Fonte: A autora, 2015

Figura 64 - Gráfico da concentração de cromo (mg/Kg), o número de observações com caracterização dos intervalos Background, influência antrópica e contaminação e o nível 1 da resolução CONAMA



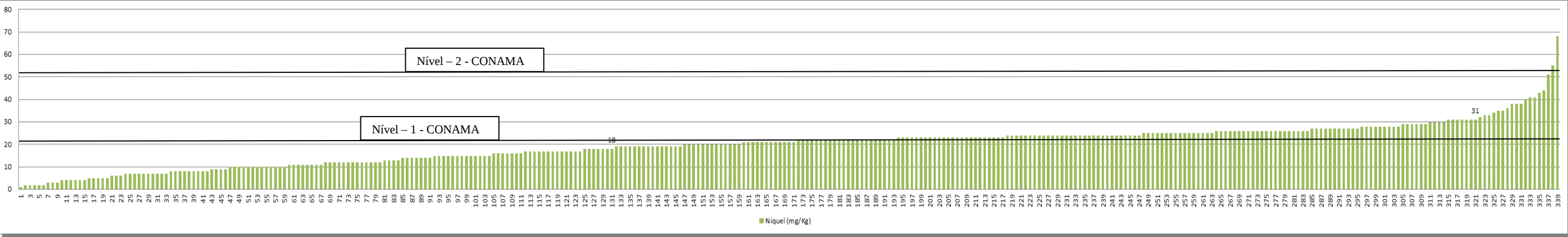
Fonte: A autora, 2015

Figura 65 - Gráfico da concentração de manganês (mg/Kg) e o número de observações com caracterização dos intervalos Background, influência antrópica e contaminação.



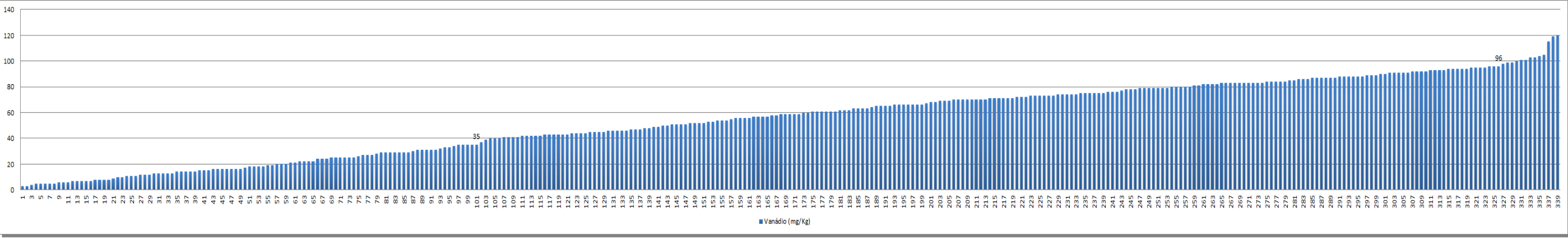
Fonte: A autora, 2015

Figura 66 - Gráfico da concentração de níquel (mg/Kg), o número de observações com caracterização dos intervalos Background, influência antrópica e contaminação e os níveis 1 e 2 da resolução CONAMA



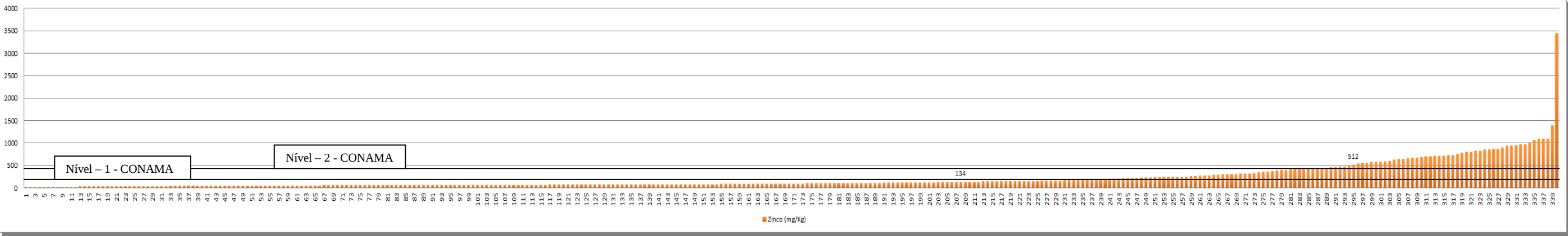
Fonte: A autora, 2015

Figura 67 - Gráfico da concentração de vanádio (mg/Kg) e o número de observações com caracterização dos intervalos Background, influência antrópica e contaminação



Fonte: A autora, 2015

Figura 68 - Gráfico da concentração de Zinco (mg/Kg), o número de observações com caracterização dos intervalos Background, influência antrópica e contaminação e os níveis 1 e 2 da resolução CONAMA



Fonte A autora, 2015

A definição dos intervalos de concentração de metais foi realizada não apenas utilizando a representação gráfica, mas também pela análise do comportamento e concentração dos metais obtidos nas enseadas estudadas individualmente e, pela identificação das fontes desses metais, discutida nos itens “Resultados e Discussão”, indicando que a área pode ser denominada como contaminada e quais os níveis de contaminação encontrados.

A exceção do elemento Cd, os elementos Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, V e Zn (Figura 61 a Figura 68) apresentam um comportamento exponencial, preservando um R^2 superior a 80%, diferentemente do trabalho de Long et al. (1995) que apontou como dados mais precisos os padrões obtidos apenas para Cu e Pb.

Apesar dos altos valores de R^2 , a identificação dos intervalos que podem ser utilizados para a definição de níveis de concentração é dificultada por esse padrão exponencial e, principalmente na identificação da concentração de transição entre os valores considerados como *background* e as influências antrópicas. Daí a necessidade de se definir uma metodologia estatística como procedimento para a definição desses padrões.

Três grupos de concentrações de metais foram caracterizados a partir do presente trabalho aos quais podem ser atribuídas as seguintes denominações (Tabela 19): *background*, nível 1: influência antrópica e, nível 2: Contaminado (que se caracteriza por alto grau de concentração). Alguns elementos podem ser compartimentados em mais grupos, contudo, a fim de permitir a homogeneidade nas interpretações foram mantidos três níveis.

Tabela 19 – Padrão de concentração de Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, V e Zn em sedimentos dragados em águas salinas, compartimentados em três categorias.

Elementos	<i>Background</i> (mg/Kg)	Nível 1 (mg/Kg)	Nível 2 (mg/Kg)
Cd (N = 185)	Abaixo de 0,9	0,9 – 1,9	Acima de 1,9
Cu (N = 340)	Abaixo de 90	90 – 161	Acima de 161
Cr (N = 340)	Abaixo de 36	36 – 82	Acima de 82
Mn (N = 255)	Abaixo de 474	474 – 861	Acima de 861
Ni (N = 339)	Abaixo de 18	18 – 31	Acima de 31
Pb (N = 340)	Abaixo de 18	18 – 30	Acima de 30
V (N = 339)	Abaixo de 35	35 – 96	Acima de 96
Zn (N = 340)	Abaixo de 134	134 – 512	Acima de 512

Fonte: A autora, 2015

Os valores considerados como *background* representam a concentração natural dos elementos e contidos nas estruturas dos minerais presentes na Costa Verde. As concentrações enquadradas no nível 1, definido nesse trabalho, são consideradas concentrações de metais que são fornecidas por atividades antrópicas de baixo impacto na costa, enquanto as concentrações definidas no nível 2 são caracterizadas como provenientes de atividades antrópicas com alto grau de contaminação no meio, indicando que essas atividades são as principais contribuintes no fornecimento de metais na área.

Os dados apresentados na resolução n. 344/2004 da CONAMA, quando comparados aos dados obtidos no presente trabalho para os elementos Cd, Cu, Cr, Ni e Pb são superestimado, ou seja, a contaminação na Costa Verde ocorre em concentrações inferiores às definidas pela resolução. Por sua vez as concentrações de Zn são subestimadas na mesma resolução, ou seja, a concentração de Zn pode ser ligeiramente mais tolerante. Devido à característica essencial do Zn nos organismos é possível que a maior concentração desse elemento na costa brasileira em relação à norte-americana pode se correlacionar também a temperaturas mais elevadas com maior decomposição da matéria orgânica, liberando este elemento para o meio ambiente.

O nível 1 da resolução CONAMA é comparativamente correlacionável ao que é definido como nível 2 nesse trabalho, para a maior parte dos elementos, onde apenas Cu apresenta na resolução CONAMA valor subestimado, ou seja, é um elemento que poderia ter maior permissividade. Enquanto Ni e Zn apresentam valores equivalentes aos definidos pela resolução.

Mn e V são provenientes de diversas atividades antrópicas e não são contemplados pela citada resolução, de maneira que, os valores aqui apresentados podem ser definidos como uma proposta pioneira. A proposta de normatização aqui apresentada se embasa no número amostral, que também favorece uma diminuição da margem de erro, sobretudo porque apenas 10% das amostras apresentam desvio padrão acima de 2,65 e o tamanho da área amostrada enfatiza a representatividade regional e complexidade de ambientes marinhos. Os valores apontados na Tabela 19 apresentam intervalos similares aos encontrados por outros autores em estudo realizado na costa do Rio de Janeiro e outras regiões do mundo, apresentados na Tabela 18 com associação a ambientes contaminados ou não contaminados.

Com base nas informações apresentadas, propõe-se novos parâmetros para caracterizar as contaminações antrópicas para o elementos Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, V e Zn, sendo estes

parâmetros de ampla aplicação, pois foram obtidos em uma área costeira com diversas influências naturais e antrópicas, ao qual se inclui complexo sistema de circulação marinha, diversos regimes sedimentares e influências antrópicas diversas como fornecimento em grandes concentrações de contaminantes, poluição térmica, dentre outros.

Os dados utilizados e validados pela CONAMA extrapolados a partir do modelo canadense/estadunidense necessitam ser revistos, por haver situações onde elementos de concentrações serem interpretados como contaminantes e situações onde metais de alta concentração serem interpretados como toleráveis, sendo sugerida a adequação dos valores apresentados à Costa Sul brasileira.

CONCLUSÃO

Quando os homens não olham para a natureza, julgam sempre poder melhorá-la.
John Ruskin

As enseadas na Costa Verde apresentam um alto aporte de metais, onde a distribuição desses elementos apresenta um padrão coerente com os principais fatores de controle, entre eles: a) aportes naturais, b) comportamento geoquímico dos elementos, c) pH e Eh, d) morfologia da costa, e) correntes marinhas e f) fração sedimentar. Enquanto os fatores controlados ou influenciados por atividade antrópica são: a) fontes de contaminação, b) temperatura e, c) mudanças de curso d'água. Além desses, pode-se sugerir mudanças de níveis de oceano e de correntes devido a mudanças climáticas globais.

A contribuição da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto carece de mais estudos quanto ao fornecimento de metais, mas se nota a influência de sua dinâmica pelo processo de turbulência e gradiente de temperatura geradas por seus efluentes, sugerindo um fracionamento químico e isotópico. As concentrações encontradas neste trabalho se assemelham às concentrações de baías observadas com histórico de vazamento no Brasil e no Mundo, bem como os tipos de fontes de contaminação.

A baía de Sepetiba é que apresenta o maior impacto, fato que se deve ao grande número de empreendimentos (e de acidentes industriais) e por sua morfologia, que dificulta a dispersão de metais. Em contrapartida, os fatores de controle mencionados acima são mais intensos na baía de Ilha Grande e afetam, parcialmente, a dinâmica da baía de Sepetiba.

Existe coerência quanto à distribuição das concentrações dos elementos, pois as áreas apresentam zonas homólogas de maiores ou menores concentrações da maioria dos elementos analisados e cuja variância apresenta a mesma ordem de grandeza.

Embora tanto o embasamento quanto os empreendimentos localizados na costa disponibilizem metais para o meio, os elementos Co, Pb, Cr e Mn são os que têm origem, preferencialmente, antrópica na baía da Ilha Grande e Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn na baía de Sepetiba. Ressalta-se, contudo, que pela legislação vigente as baías estão contaminadas em Cd, Cu, Ni e Zn.

Os metais fornecidos por fontes pontuais são dispersos por toda a baía na qual se localiza e as zonas de maior concentração indicam que há uma tendência de transporte de

metais para o mar aberto.

Com base nas assinaturas isotópicas, são observadas ao menos cinco fontes distintas de metais que, devido a suas características geoquímicas, tendem a se concentrar próximas à costa e são correlacionáveis a fontes descritas na literatura que indicam contaminação predominante antrópica por efluentes industriais. Estas fontes são: Embasamento da Costa (que se faz presente em todas as enseadas); Empreendimentos náuticos (Estaleiro Verolme, TEBIG, Porto Angra dos Reis, etc); Indústrias Metalúrgicas; Empreendimentos externos à área da baía trazida pela ação dos rios, Ingá e; Efluentes domésticos pela ação das cidades que margeiam as baías.

Grupos de assinaturas exclusivos das enseadas Sepetiba e Mangaratiba apontam para fontes pontuais e muito específicas de metais, muito radiogênicas e sem correlação na literatura disponível. Enquanto as demais enseadas demonstram clara mistura dos metais de diversas fontes e interação entre as baías, sendo a maioria dela fortemente antrópica.

Os padrões que melhor representam os índices de contaminação da Costa Sul brasileira para os elementos Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, V e Zn são observados na Tabela 19, definidos em três níveis, *background*, nível 1 e nível 2, com valores mais restritivos do que os adotados pela atual resolução.

Por fim, o padrão pela Resolução n. 344/2004 da CONAMA utilizado para determinação de níveis de contaminação, não é adequado ao ambiente estudado e apresenta necessidades de adequação a realidade da Costa Brasileira, sendo então sugerida uma nova atualização da normatização para as concentrações dos metais aqui reportadas.

REFERÊNCIAS

A educação é aquilo que sobrevive depois que tudo o que aprendemos foi esquecido.
Burrhus Frederic Skinner

AILY, C. **Caracterização isotópica de Pb na atmosfera: um exemplo da cidade de São Paulo**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 76p.

ALVES-NETO, J. L.; BARBOSA, A. V. L.; MEDEIROS, M. A.; CASARTELLI, E. A.; GUARINO, A. W. S.; MERÇON, F. Transposição de Cádmio e Zinco da Baía de Sepetiba, e sua Deposição em Sedimentos do Estuário do Rio Cabuçu-Piraquê (Rio de Janeiro, Brasil). **Revista Virtual de Química**, 2014, v. 6, n. 5. pp. 1295-1315.

AMADOR, E.S. 1988. **Geologia e geomorfologia da planície costeira da Praia do Sul - Ilha Grande**: uma contribuição à elaboração do Plano Diretor da Reserva Biológica. In: Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. pp 35-58.

BARCELLOS, C. **Geodinâmica de Cádmio e Zinco na Baía de Sepetiba**. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental). Instituto de Química. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. 1995. 148 p.

BELO, W.C. DIAS, G.T.M. DIAS, M.S. O fundo da baía Ilha Grande, RJ: o relevo submarino e a sedimentação do canal central. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 20, n. 1. 2002. pp. 5-15.

BOLLHÖFER, A., CHISHOLM, W., ROSMAN, K.J.R., 1999. Sampling aerosols for lead isotopes on a global scale. **Analytical Chimica**, Amsterdam: Elsevier, v.390, pp. 227–235.

BURDIGE, D.J. 2006. **Geochemistry of marine sediments**. Princeton University Press: Princeton. 2006. 600p.

CARBONEL H, C.A.A. Poluição Térmica. In: NETO, J. A. B.; WALLNER-KERSANACH, M. P.; PATCHINEELAM, S.M. (Org.) **Poluição Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência. 2008. pp. 287-308.

CARDOSO L.M.N, CHASIN A.A.M. Ecotoxicologia do Cádmio e seus compostos. **Série cadernos de referência ambiental**. v. 6. Salvador: CRA; 2001. 122 p.

CARDOSO, A.G.A. BOAVENTURA, G.R. SILVA FILHO, E.V. BRODF, J.A. Metal Distribution in Sediments from the Ribeira Bay, Rio de Janeiro – Brazil. **Journal Brazilian Chemical Society**, v. 12, n. 6, 2001. pp. 767-774, 2001.

CARDOZO, C.L. LIMA, L.A. ALVES, L.F. NERES, A.O. MENEZES, J.M. Uso de Geotecnologias e Análise de Multicritério para Mapeamento de Recarga Hidrogeológica da

Região Sul Fluminense do RJ. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Curitiba: INPE. 2011. pp. 3835-3842

CARVALHO, C.E.V. LACERDA, L.D. GOMES, M.P. Metais pesados na biota bentica da baía de Sepetiba e Angra dos Reis (RJ). **Acta Limnologia Brasiliensia**. v. 4, 1993. pp. 222-229

CARVALHO, F.M. FERREIRA, I.M. AZEVEDO, I.M.A.P. MARTINS, N.S.F. LAURIA, D.D. Sorção de ^{60}Co e ^{137}Cs em sedimentos do Saco de Piraquara de Fora – Angra dos Reis. In: **IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety – IRPA**. 2013, Rio de Janeiro. 2013. pp. 15-19.

CESAR, R. COLONESE, J. SILVA, M. EGLER, S. BIDONE, E. CASTILHOS, Z. POLIVANOV, H. Distribuição de mercúrio, cobre, chumbo, zinco e níquel em sedimentos de corrente da bacia do rio Piabanha, Estado do Rio de Janeiro. **Geochimica Brasiliensis**, v. 25, n. 1. 2011. pp. 35-45.

CHESTER, R. **Marine Geochemistry**. London: Blackwell Science. 2 Ed. 2000. 506 p.

CHOW, T. J., AND EARL, J. L. Lead aerosols in the atmosphere: Increasing concentrations. California: Science, v.169, n. 577, 1970.

CONAMA. **Resolução n. 344**. Diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, de 25 de março de 2004. Disponível em <www.mma.gov.br/conama>, acesso em 05 de janeiro de 2015.

CONCEIÇÃO, C.O. **Contaminação dos aterros urbanos por metais pesados no município de Rio Grande-RS**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica). Universidade Federal do Rio Grande. 2005. 94 p.

CORREA, M.A. **Análise das oscilações das correntes observadas na Baía da Ilha Grande (RJ)**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo. 1994. 118p.

CPRM – Serviço Geológico Brasileiro. **Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CPRM/DRM-RJ. 2000.

CUNHA, C.L.N. ROSMAN, P.C.C. FERREIRA, A.P. MONTEIRO, T.C.N. Hydrodynamics and water quality models applied to Sepetiba Bay. **Continental Shelf Research**. v. 26, 2006. pp. 1940-1953.

DE SOUZA LIMA, R.G., ARAÚJO, F.G., MAIA, M.F., PINTO, A.S.S.B. Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande bays, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Research Section A**. v. 89, 2002. pp 171-179.

DIAS, G. T. M., PEREIRA, M. A. DIAS, I. M., **Mapa geológico-geomorfológico da Baía da Ilha Grande e zona costeira adjacente**, escala 1:80000, LAGEMAR/ UFF, Brasil. 1990.

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil. **Roteiro: Costa Sul – Do Cabo Frio ao Arroio Chuí. Lagoas dos Patos e Mirim.** 12 ed. Marinha do Brasil: Niterói, 2013. 282p.

DOMINGUEZ, J.M.L. The coastal zone of Brazil In: Dillenburg, S., HESP, P. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil.** Berlim: Springer, 2009. pp. 17-51.

DORNELLES L.M.A. **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 (Mestrado). Departamento de Química da UFF. Niterói. 1993, 155 p.

EIRADO, L.G. HEILBRON, M. & ALMEIDA, J.C. Os terrenos tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências.** São Paulo: SBG, v. 36, n. 3, 2006. p. 426 - 436.

ELETRONUCLEAR. **Site da empresa estatal responsável por operar e construir as usinas termonucleares no Brasil.** Disponível em <<http://www.eletronuclear.gov.br>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2011.

ENZWEILER, J. DUARTE, M.A.I. Geoquímica Analítica In: LICH, O.A.B. MELLO, C.S.B. SILVA, C.R. **Prospecção geoquímica – Depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás.** Rio de Janeiro: CPRM. 2007. pp. 253-278.

FAURE, G. 1988. **Principle of Isotope Geology.** 2 Ed. New York: John Wiley and Sons. 589p.

FAURE, G. **Principles and Applications of Geochemistry:** A comprehensive textbook for geology students. New Jersey: Pretice-Hall, 2 Ed. 1991. 600 p.

FIGUEIRA, R.C.L., CUNHA, I.I.L. A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos. **Química Nova.** v. 21, n. 1. 1998. pp. 73-77.

Fit - Ficha de Investigação Tecnológica. **Cobre.** CETESB. [Internet] 2012. Acessado em 11 de janeiro de 2015. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cobre.pdf>>

FORTESCUE, J.A.C. **Environmental Geochemistry:** A holistic approach. New York: Springer. (Ecological Studies v.35). 1980. 377p.

FRAENKEL, M. O, SANTOS, R.C., LOUREIRO, F.V.L., MUNIZ, W.S., 1984. Jazida de Urânio no Planalto de Poços de Caldas – Minas Gerais. In: **Principais depósitos minerais do Brasil.** Rio de Janeiro: NUCLEBRAS. v. 1, 1984. pp. 89-10

FRANKLIN, M.R. **Estudo da Circulação Hidrodinâmica e do Transporte de Radionuclídeos na Baía da Ilha Grande – RJ.** Dissertação (Mestrado em Ciências em

Engenharia Civil). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001. 156p.

FREITAS, A.C. ALENCAS, A.S. Gama dose rates and distribution of natural radionuclides in sand beaches – Ilha Grande, Southeastern Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity**. v. 75. 2004. pp. 211–223.

FRERET-MEURE, N.V. ANDREATA, J.V. MEURER, B.C. MANZANO, F.V. BAPTISTA, M.G.S. TEIXEIRA, D.E. LONGO, M.M. Spatial distribution of metals in sediments of the Ribeira Bay, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**. v. 60. 2010. pp. 677-629.

FUNDAÇÃO CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro). **Governo do Estado do Rio de Janeiro. Mapa da região da Costa Verde do estado do Rio de Janeiro**. Disponível em <http://mapas.owje.com/maps/5600_costa-verde-region-map-rio-de-janeiro-state-brazil.html>. Acessado em 23 de setembro de 2013.

GERALDES, M.C. **Introdução à Geocronologia**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia. 2010. 146p.

GERALDES, M.C., PAULA, A.H. GODOY, J.M. VALERIANO, C. M. Pb isotope signatures of sediments from Guanabara Bay, SE Brazil: evidences for multiple anthropogenic sources. **Journal of geochemical Exploration**. v. 23, 2003. pp. 122-126.

GIOIA, S.M.C.L, PIMENTEL, M.M., TESSLER, M., DANTAS, E.L., CAMPOS, J.E.G., GUIMARÃES, E.M., MARUOKA, M.T.S., NASCIMENTO, E.L.C. Sources of anthropogenic lead in sediments from an artificial lake in Brasília – central Brazil. **Science of the Total Environment**. v. 356, 2006. pp. 125-142.

GIOIA, S.M.C.L., PIMENTEL, M.M., GUIMARÃES, E.M., CAMPOS, J.E.L., DANTAS, E.L. AND MARUOKA, M.T.S. Atmospheric deposition and sources of anthropogenic lead in sediments from a recent lake in Brasilia, Central Brazil. In: **SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY**, 4. Short Papers. 2003. v. 1, p.434-437.

GODOY, J.M.O. Energia nuclear e impacto ambiental. **Sala de Leitura**. Coordenação Central de Educação a Distância (CCEAD). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). [s.l.]. 2009. 11 p.

GOLDSCHMIDT, V.M. **Geochemistry**. Oxford University Press. Oslo. 1958. 730 p.

GOMES, F.C. GODOY, J.M. CARVALHO, Z.L. SOUZA, E.M. SILVA, J.I.R. LOPES, R.T. Tritium (³H) as a tracer for monitoring the dispersion of conservative radionuclides discharged by the Angra dos Reis nuclear power plants in the Piraquara de Fora Bay, Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity**. v. 136, 2014. pp. 169-173.

GOMES, F.C. GODOY, J.M. GODOY, M.L.D.P. CARVALHO, Z.L. LOPES, R.T. SANCHEZ-CABEZA, J.A. OSVATH, I. LACERDA, L.D. Geochronology of anthropogenic

radionuclides in Ribeira Bay sediments, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity**. v. 102, 2011. pp. 871-876.

GOMES, F.M.C. **Estudo da Dispersão de Radionuclídeos na Baía da Ilha Grande – RJ**. Tese (Doutorado em Engenharia Nuclear) – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010. 154p.

GUERRA, J.V. MARQUES, D.O. Padrão de circulação na região do Canal Central da Baía de Ilha Grande e implicações para a dispersão sedimentar – resultados preliminares da compilação e análise de dados pretéritos. In: **Anais do X Congresso da ABEQUA**. Guarapari (ES). 2005. pp. 9-16.

GUERRA, J.V. SOARES, F.L.M. Circulation and flux of suspended particulate matter in Ilha Grande Bay, SE Brazil. **Journal of Coastal Research**. SI 56, 2009. pp. 1350-1354.

GUIMARÃES, J.R.D. PENNA-FRANCA. ^{137}Cs , ^{60}Co and ^{125}I Bioaccumulation by Seaweeds from the Angra dos Reis Nuclear Power Plant Region. **Marine Environmental Research**, v. 16, 1985. pp. 77-93.

HEILBRON, M. (org). Angra dos Reis- SF.23-Z-C-II, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Santa Rita do Jacutinga, Barra do Pirai, Volta Redonda. **Série Programa de Geologia do Brasil – PGB**. Rio de Janeiro: UERJ/CPRM. 2007. 173p.

HEILBRON, M., MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). **Precambrian Research**. v. 125, 2003. pp 87-112.

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A.C., NETO, M.C.C. SILVA, L.C., TROW, R.A.J. JANASI, V.A. Província Mantiqueira In: NETO, V.M., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R., NEVES, B. B. B. **Geologia do Continente Sul-Americano** – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Brasília: UNESCO. 2004. pp. 203 – 235.

IKEDA, Y. STEVENSON, M.R., Determination of circulation and short period fluctuation at Ilha Grande bay (RJ), **Boletim do Instituto Oceanográfico da USP**, v. 29, n.1, 1980. pp.89-98

INDÚSTRIAS NUCLEARES BRASILEIRAS (INB), **Site da empresa estatal responsável pela fabricação do elemento combustível no Brasil**. Disponível em <<http://www.inb.gov.br>>. Acesso em 12 de abril de 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) **banco de dados das estações meteorológicas no Brasil**, Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 13 de abril de 2012.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Determination and use of scaling factors for waste characterization in nuclear power plants. **IAEA Nuclear Energy Series**. n. NW-T-1-18. Vienna: IAEA. 2009. 132 p.

KHAN, N. JEONG, I.S. HWANG, I.M. KIM, J.S. CHOI, S.H. NHO, E.Y. CHOI, J.Y. KWAK, B.M. AHN, J.H. YOON, T. KIM, K.S. Method validation for simultaneous determination of chromium, molybdenum and selenium in infant formulas by ICP-OES and ICP-MS. **Food Chemistry**. v. 141, 2013. pp. 3566–3570

LACERDA, L.D. PFEIFFER, W.C. FISZMAN, M. Níveis naturais de metais pesados em sedimentos marinhos da baía da Ribeira, Angra do Reis. **Ciência e Cultura**, v. 34, n. 7, 1982. pp. 921-924.

LACERDA, L.D. PFEIFFER, W.C. FISZMAN, M. Heavy metal distribution, availability and fate in sepetiba bay, S.E. Brazil. **The Science of the Total Environment**, v. 65. 1987. pp. 163-173.

LONG, E.R., MACDONALD, D.D., SMITH, S.L. CALDER F.D. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. **Environmental Management**. v. 19, n. 1, 1995. pp. 81-97.

LUOMA, S. RAINBOW, P.S. **Metal contamination in aquatic environments**. Science and Lateral Management. Cambridge. 2008. 573p.

MAHIQUES, M.M, **Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da Baía de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). São Paulo: Universidade de São Paulo. 2 volumes. 1987.

MANN, K.H., LAZIER, J.R.N. **Dynamics of Marine Ecosystems**. 3 Ed. Nova Scotia: Blacwell Publishig. 2005. 496 p.

MARQUES, R.A. **Evolução metamórfica do Terreno Oriental da Faixa Ribeira entre Itava e Bom Jesus do Itabapoana, noroeste do RJ**. 2007. Dissertação (Mestrado em geologia) – Faculdade de Geologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ). 2009. 177p.

MORFORD, J.L. EMERSON, S. The geochemistry of redox sensitive trace metals in sediments. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 63, n. 11/12, 1999. pp. 1735–1750

MEDEIROS, M.F. DIAS, G.T.M. Cartas sedimentológicas da baía de Ilha Grande. In: **Anais do X Congresso da ABEQUA**. Guarapari (ES). 2005. Disponível em <http://www.abequa.org.br/trabalhos/0238_medeiros_dias_csbig.pdf> acessado em 05/01/2015.

MIRANDA, A.L. **Percepção de risco**: estudo com trabalhadores de um estaleiro expostos a metais. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Nacional de Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 2013. 94p.

MIRANDA, L.B.; IKEDA, Y; CASTRO-FILHO, BM; PEREIRA-FILHO, N. Note on the occurrence of saline fronts in the Ilha Grande (RJ) region. **Bol. Inst. Oceanogr**. São Paulo. v. 26, 1977. pp 249-256.

MONTGOMERY, C.W. **Environmental Geology**. Columbus: Mc Graw-Hill. 8. ed. 2008. 556p.

MORAES, R.P. **Transporte de chumbo e metais pesados no rio Ribeira de Iguape**, São Paulo, Brasil. 1997. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas. 1997. 126p

MORAES, R.P. FIGUEIREDO, B.R. LAFON, J.M. Pb-isotopic tracing of metal-pollution source in the Ribeira Valley, southeastern Brazil. **TERRÆ**. v.1, n. 1, 2004: pp. A19-A26.

MORALES, S.J.D. **Traçadores isotópicos (Pb) e concentrações de metais em sedimentos superficiais**: ferramentas na caracterização da poluição no setor oeste da baía de Sepetiba – RJ (SE do Brasil). Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Faculdade de Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012. 179 p.

MOREIRA, F.R. MOREIRA, J.C. A Importância da Análise de Especiação do Chumbo em Plasma para a Avaliação dos Riscos a Saúde. **Química Nova**, v. 27, n. 2, 2004. pp. 251-260.

MOURA, C.A.V.; GAUDETTE; H.E.; CARVALHO, M.C., MORALES, G.P. The use of lead isotope composition as a tool to investigate the anthropogenic impacts on the environment in the metropolitan region of Belém (PA). **TERRÆ**, Campinas: Unicamp. v. 1, n. 1, 2004. pp. 16-25.

MORILLO, J. USERO, J. GRACIA, I. Heavy metal distribution in marine sediments from the southwest coast of Spain. **Chemosphere**. v. 55, 2004. pp. 431–442.

MUNIZ, P. DANULAT, E. YANNICELLI, B. GARCÍA-ALONSO, J. MEDINA, G. BÍCEGO, M.C. Assessment of contamination by heavy metals and petroleum hydrocarbons in sediments of Montevideo Harbour (Uruguay). **Environment International**. v. 29, 2004. pp. 1019 – 1028

NASR, S.M. OKBAH, M.A. KASEM, S.M. Environmental Assessment of Heavy Metal Pollution in Bottom Sediments of Aden Port, Yemen. **International Journal of Oceans and Oceanography**. v. 1, n. 1, 2006. pp. 99-109.

NIENCHESKI, L.F. MILANI, M.R. MILANI, I. Metais traco: agua. In: NETO, J. A. B.; WALLNER-KERSANACH, M. P. (Org.) **Poluição Marinha**. Rio de Janeiro: Interciencia. 2008. pp. 179-196.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.F. PIMENTEL, L.C.G. LANDAU, L. Critérios de Estabilidade Atmosférica para a Região Da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, Angra dos Reis – RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 25, n. 2, 2010. pp. 270-285.

PASCALICCHIO, A. AP. E. **Contaminação por metais pesados**: saúde pública e medicina ortomolecular. Sao Paulo: Annablume. 2002. 132p.

PEREIRA, R.M. **Fundamentos de prospecção mineral**. Rio de Janeiro: Interciência. 2003. 167p.

PEREIRA, S. D. POÇO, R.G.T.C. Caracterização Ambiental da Baía de Parati e Enseada do Pouso – Rio de Janeiro/RJ. **Relatório de Iniciação Científica**. Rio de Janeiro: UERJ. 2009. 17p.

PEREIRA, S.D. **Influência da variação relativa do mar no manguezal de Guaratiba – Baía de Sepetiba** – RJ. Tese de Doutorado. UFRGS, Porto Alegre. 1998. 123p.

PERIN, G. FABRIS, R. MANENTE, S. REBELLO WAGENER, A. HAMACHER, C. SCOTTO, S. A five-year study on the heavy-metal pollution of Guanabara Bay sediments (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the metal bioavailability by means of geochemical speciation. **Water Research**. v. 31, n. 12, 1997. pp. 3017-3028.

RAMOS, T.D. **Avaliação da exposição ambiental ao manganês na população residente no entorno de um estaleiro no município de Angra dos Reis, RJ**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 2013. 90 p.

RASHID, M.A. **Geochemistry of marine humic compounds**. New York: Springer-Verlag. 1985. 300 p.

ROCHA, D.S. **Estudos de metais pesados e isótopos de Pb nos sedimentos da Baía de Sepetiba baseados em geoquímica e na distribuição pelas possíveis áreas fontes**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2011. 113p.

SCHMITT, R.S., TROUW, R.A.J., VAN SCHMUS, W.R., PIMENTEL, M.M. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). **Precambrian Research**, Amsterdam: Elsevier. v.133, pp. 29-61. 2004.

SOUZA, A.M. **Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio São Domingos a partir da análise geoquímica e isotópica Pb/Pb**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Faculdade de Geologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2011. 122p.

SOUZA, A.M. SILVEIRA, C.S. PEREIRA, R.M. Contribuições dos metais provenientes das pilhas de rejeito da mina Osamu Utsumi a drenagens do Complexo Alcalino de Poços de Caldas, Minas Gerais. **Geochimica Brasiliensis**. v. 27, n. 1, 2013. pp. 63-76.

STUMM, W. MORGAN, J.J. **Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Water**. 3 Ed. New York: John Wiley & Son. 1996. 1024 p.

SUZUKI, K.N. MACHADO, E.C. MACHADO, W. BELLIDO, L.F. BELLIDO, A.V.B. LOPES, R.T. Radiotracers estimatives of benthic activity effects on trace metals diffusion into mangrove sediments. **Marine environmental Research**, v. 83, 2013. pp. 96-100.

TEIXEIRA, A.L., GAUCHER, C. Bacias do Estágio de Transição dos Setores Meridional (Parcial) e Central da Província Mantiqueira In: NETO, V.M., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R., NEVES, B. B. B. **Geologia do Continente Sul-Americano** – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Brasília: Brasília: UNESCO. 2004. pp. 503-525.

TEIXEIRA, T.P. NEVES, L.M. ARAÚJO, F.G. Effects of a nuclear power plant thermal discharge on habitat complexity and fish community structure in Ilha Grande Bay, Brazil. **Marine Environmental Research**. v. 68, 2009. pp. 188–195.

TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. BASEI, M. The Pan-African/Brasiliano arc-related magmatism at the Costeiro Domain of the Ribeira Belt, southeastern Brazil: new geochronological and lithogeochemical data. In: **14th International Conference on basement tectonics**. Ouro Preto, MG..Abstracts. v. 1, 1998. pp 12-14.

VILLENA, H.H. PEREIRA, S.D. BARROS, L.C. LOPES, M.B. PANAZIO, W. SILVA, C.W. Baía de Sepetiba: Considerações Geológicas e Oceanográficas com Base em Dados Batimétricos e Sedimentológicos. In: **Anais do IX Congresso da ABEQUA**. Recife (PE). 2003.

VILLENA, H.H. PEREIRA, S.D. CHAVES, H.A.F. DIAS, M.S. GUERRA, J.V. Indícios da variação do nível do mar na baía de Sepetiba. In: RODRIGUES, M.A.C. PEREIRA, S.D. SANTOS, S.B. **Baía de Sepetiba: Estado da Arte**. Rio de Janeiro: Corbã. 2012. pp. 38-59.

WASSERMAN, J.C. WASSERMAN, M.A. Comportamento de metais em sedimentos In: NETO, J. A. B.; WALLNER-KERSANACH, M. P.; PATCHINEELAM, S.M. (Org.) **Poluição Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência. 2008. pp. 197-236.