

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DA LAGOA DO ARAÇÁ, RECIFE, ESTADO DE PERNAMBUCO

Preliminary assessment of the trace metal concentrations in sediments of the Araçá Lagoon, Recife, Pernambuco State

Josineide Braz de Miranda¹, Héliida Karla Philippini da Silva², Erika Cristina Ferreira da Silva², Marta Maria Menezes Bezerra Duarte³

RESUMO

Os manguezais vêm sofrendo um intenso processo de degradação ambiental, devido ao aumento da carga de efluentes e resíduos lançados sem tratamentos nesses ecossistemas, causando assim sua contaminação, principalmente por metais pesados. A Lagoa do Araçá, formada por um ecossistema de manguezal, situa-se em Recife, Pernambuco-Brasil, faz parte de uma Área de Preservação Ambiental e recebe os efluentes domésticos e industriais do bairro, o que pode estar contaminando a área com metais pesados. Este estudo teve como objetivo realizar uma avaliação preliminar do grau de impactação da Lagoa do Araçá pelos metais pesados Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn). Os resultados obtidos nos sedimentos da lagoa indicaram que os teores de manganês, zinco e cromo apresentaram níveis de concentração acima dos valores utilizados como referência, acima dos valores de referência para solos do estado de São Paulo (CETESB) e dos valores-guia de qualidade de sedimentos do Canadá (CCME). O teor de ferro encontrado nas estações de coleta ficou acima do valor limite estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). Portanto, os sedimentos da Lagoa do Araçá encontram-se contaminados por cromo, ferro, zinco e manganês, apresentando-se como um importante compartimento acumulador destes metais.

Palavras-chaves: metal pesado, sedimentos, Lagoa do Araçá, Pernambuco.

ABSTRACT

The mangroves have been suffering an intense process of environment degradation due to the amount of untreated residues discharged into effluents, principally by trace metals, thus causing contamination. The Araçá Lagoon is formed by a mangrove ecosystem, which is situated at the Recife, Pernambuco, and it is part of an the Environment Preservation Area. However, a number of anthropic activities have been contributing to its environment contamination. Therefore, this research has the objective of making a preliminary assessment of the impact on the Araçá Lagoon by such trace metals as chrome (Cr), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn). In the sediment the manganese, zinc and chrome contents presented concentration levels above the limiting values for soils of Sao Paulo State (CETESB), and quality guides values of sediments in Canada (CCME). The iron content was compared with the limit established by the Environmental Protection Agency of the United States (USEPA) and its concentration in all stations was above the recommended limit value. The Araçá Lagoon sediments presented contamination by chrome, iron, manganese and zinc and thus presents itself as an important local accumulator of these trace metals.

Key words: trace metal, sediments, Araçá Lagoon, Pernambuco.

¹ Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnológica de Pernambuco – IFPE Campus Pesqueira - Rodovia BR 232 Km 208 Prado - Pesqueira/PE – Brasil CEP: 55200-000 josibraz@hotmail.com

² Química - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP/OS - Av. Prof. Luiz Freire, 700, Cidade Universitária - Recife/PE - Brasil.

³ Professora Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Av. Prof. Artur de Sá s/n Cidade Universitária – Recife/PE – Brasil.

INTRODUÇÃO

Os manguezais encontram-se permanentemente ameaçados por diversas atividades antrópicas que contribuem para sua degradação e contaminação através do lançamento de resíduos industriais e urbanos os quais contém compostos aromáticos policíclicos, tensoativos, agrotóxicos, matéria orgânica e metais pesados, provocando graves impactos à fauna, a flora e ao homem (LIRA, 2008).

Dentre esses contaminantes os metais pesados se destacam por não serem eliminados do ecossistema aquático por processos naturais, como os poluentes orgânicos, e também por ter a sua concentração mais elevada em substâncias orgânicas e minerais. Segundo Salomons e Forstner (1984) tendem a se acumular em sedimentos de fundo, de onde poderão ser liberados através da mudança de fatores físicos e químicos, bioacumulando-se ao longo da cadeia trófica, alcançando o homem e ocasionando sérias doenças.

Os manguezais apresentam uma grande variedade de espécies de microorganismos, algas, crustáceos e moluscos, adaptados as constantes variações de salinidades e fluxo das marés. É o local favorável à proteção, alimentação, reprodução e desova de muitos animais (ODUM, 1988; SILVA, 2001)

A Lagoa do Araçá, localizada em Recife, Pernambuco, é formada por um ecossistema de manguezal e faz parte de uma Área de Preservação Ambiental (APA), entretanto, várias ligações despejam os efluentes domésticos e industriais das indústrias adjacentes do bairro da Imbiribeira impactando a lagoa com elevado nível de matéria orgânica e baixos níveis de oxigênio dissolvido (LIRA, 2008). Esses efluentes podem conter metais pesados, contribuindo para a contaminação da água e do sedimento do local e conseqüentemente levando a degradação dos recursos vivos desse ambiente.

A área tem um grande valor do ponto de vista turístico e ecológico, devido a sua grande produtividade e diversidade biológica e, também, por desempenhar importante papel social e econômico, uma vez que a população do entorno pratica a pesca de subsistência no local. Possui um espelho d' água de 14,2 ha e recebe influência marinha através do estuário do Rio Tejiú por meio de um canal (RECIFE, 1996). O curso d' água entra no local quando a maré está alta, porém, como o fluxo não é suficiente para renovar toda a água, sua contaminação é constante (VASCONCELOS, 2000). De acordo com Farias *et al.*, (2005), a lagoa possui uma vegetação ciliar de mangue constituído basicamente pela espécie *Laguncularia racemosa* que se dis-

tribui no sedimento areno-lamoso numa faixa variável de 6,4 a 10,5 m de extensão.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação preliminar das concentrações dos metais pesados Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) nos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá e o grau de impactação desses metais no ambiente em estudo a fim de fornecer indicadores químicos da contaminação ambiental na lagoa.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de sedimentos da Lagoa do Araçá e as análises *in loco* dos parâmetros hidrológicos foram realizadas em julho e outubro de 2007, sempre na baixa-mar. As estações de coleta foram georeferenciadas com o uso de um GPS (Sistema de Posicionamento Global) e distribuídas em 5 pontos fixos e enumerados (Figura 1).

A determinação dos parâmetros físicos e químicos na água foi realizada nos mesmos pontos de coletas dos sedimentos, conforme o Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Para realização das coletas de sedimento foi utilizada uma draga de Eckman (Figura 2), sendo as amostras tratadas no laboratório do ITEP/OS (Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco).

Para determinação da concentração dos metais Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), foi utilizado um Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES)

Na determinação da matéria orgânica as amostras foram secas na estufa em pesa-filtro a 105°C por 24 horas e levadas a mufla em cadinhos de porcelanas a 550° C por 2h e pesadas até peso constante.

A abertura das amostras para quantificação dos metais totais foi realizada de acordo com o seguinte procedimento: Pesou-se 0,250 g da amostra previamente seca a 105°C e adicionou-se ácido nítrico (HNO₃) e ácido perclórico (HClO₄) p.a. Após digestão em um digestor de amostras por microondas e esfriamento das mesmas, adicionou-se ácido fluorídrico (HF) p.a. As amostras foram novamente transferidas para o microondas e em seguida para cadinho de polietileno e tratadas com alíquotas de HNO₃ 1N, sendo, em seguida levadas para uma chapa elétrica. O resíduo final foi tratado com HNO₃ 1N e transferido para balão volumétrico de 100mL, sendo o volume completado com solução de HNO₃ 1N. Determinou-se a leitura da concentração dos metais em um Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES).

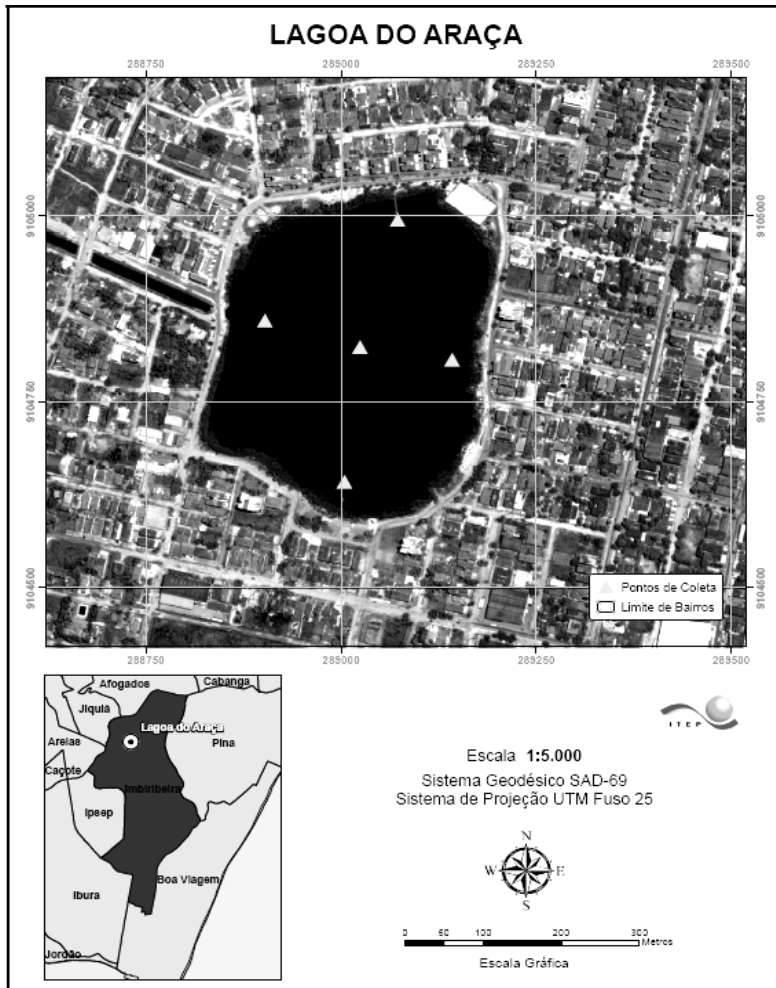


Figura 1 - Mapa de localização das estações de coleta.
Fonte: LABGEO-ITEP, 2007



Figura 2 - Coleta dos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros hidrológicos

A transparência da água na Lagoa do Araçá durante os meses de estudo apresentou valor médio de 46 cm. O índice mínimo registrado foi de 25 cm na estação 04 no mês de julho e máxima de 70 cm na estação 02 e 04, no mês de outubro (Figura 3).

Os valores obtidos corroboram com a afirmação de Macêdo e Costa (1990) e Travassos (1991), segundo a qual a precipitação pluviométrica exerce influência na transparência da água, visto que um maior volume de água transportado carrega uma maior quantidade de material em suspensão, fato que limita a profundidade da zona fótica, fato observado no mês de julho.

No período de estudo a temperatura da água apresentou um valor médio de 29,5°C. Variando entre 27°C no mês de julho e 31,7°C no mês de outubro. Os valores obtidos para a temperatura apresentaram um ciclo sazonal bem definido, onde os valores mais baixos foram registrados no período de julho e os mais elevados foram no período de outubro (Figura 4).

Este fato também foi observado nas regiões estuarinas tropicais por Silva (2004), no estuário do rio Capibaribe e por Calado (2004) em Piedade, no estuário de Barra das Jangadas e em Itamaracá.

Para a salinidade, os valores obtidos nas estações de coleta ficaram dentro dos valores estabelecidos pelo CONAMA N° 357/2005 para salinidade de águas salobras (0,5 a 30‰). Foi obtido um valor médio de salinidade de 18,8‰, com valor mínimo registrado de 9,6‰ em julho e valor máximo de 28,3‰ no mês de outubro (Figura 5), o que demonstra a penetração de águas salinas, característica de zonas estuarinas.

A variação sazonal da salinidade foi bastante evidente, uma vez que os valores mais elevados foram obtidos na estação seca e os mais baixos na estação chuvosa o que foi constatado também

por Flores-Montes (1996), no Canal de Santa Cruz; Calado (2004), no estuário de Barra das Jangadas (Piedade) e em Itamaracá e por Silva (2004), no estuário do rio Capibaribe.

Durante o período de coleta, o pH manteve-se

neutro no mês de julho, com valor médio de 7,1 e alcalino no mês de outubro, com valor médio de 8,1 e estão dentro do estabelecido para as águas salobras (classe II - variação de pH de 6,5 a 8,5) de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (Figura 6).

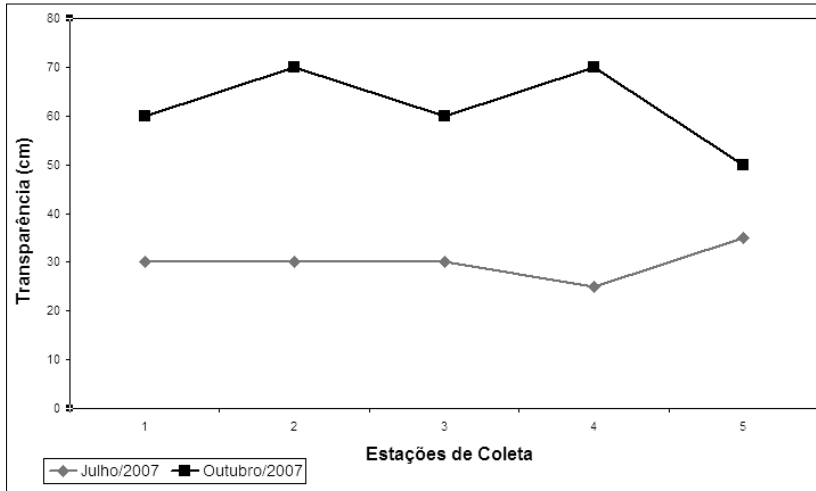


Figura 3 - Variação da transparência da água nos meses de julho e outubro.

Figura 4 - Variação da temperatura da água nos meses de julho e outubro.

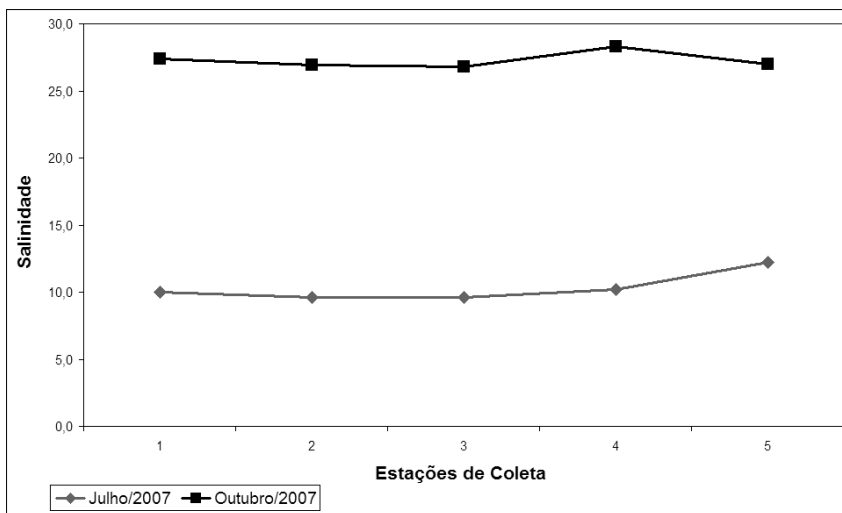
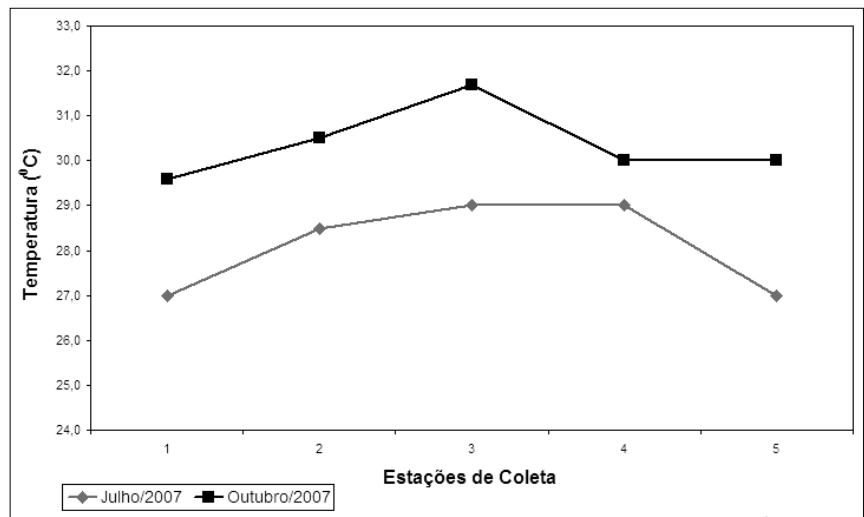


Figura 5 - Variação da salinidade nos meses de julho e outubro.

Os valores de pH obtidos demonstram um bom mecanismo ácido/básico das águas, condicionados principalmente pelas correntes de marés que provoca uma reciclagem no ecossistema dos recursos químicos e biológicos. Uma pequena diminuição no pH pode estar associada ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a conseqüente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água (Maier, 1987). Valores de pH alcalino podem ser devido ao aumento da atividade fotossintética, que retira CO₂ da água, alterando o sistema tampão, pois, desloca o equilíbrio em direção ao bicarbonato, ocorrendo aumento de pH. Valores alcalinos de pH tendem a formar precipitados, fazendo com que os metais fiquem retidos no sedimento.

Os teores de matéria orgânica nos sedimentos de fundo apresentaram um valor médio de 16,5%, variando de 7,6% a 24,0%, ambos no mês de julho

(Figura 7). Valores próximos ao deste estudo foram encontrados por Coimbra (2003), nos sedimentos de manguezais da Baía de Sepetiba (Coroa Grande e Enseada das Graças), os quais apresentaram valores entre 6,2 e 23 % de matéria orgânica. De acordo com Osborne (2000), os manguezais são conhecidos como importantes fontes de matéria orgânica para as cadeias alimentares, tanto dentro do manguezal quanto das áreas estuarinas vizinhas, resultado das elevadas taxas de produtividade primária típicas deste ecossistema. Entretanto, parte significativa da matéria orgânica produzida permanece depositada nos sedimentos do próprio manguezal, o que justifica o alto teor de matéria orgânica encontrado nesses sedimentos. Estes altos valores também podem ser explicado pelo estado de trofia do ambiente (carga orgânica recebida) devido a grande descarga de efluentes lançados na área.

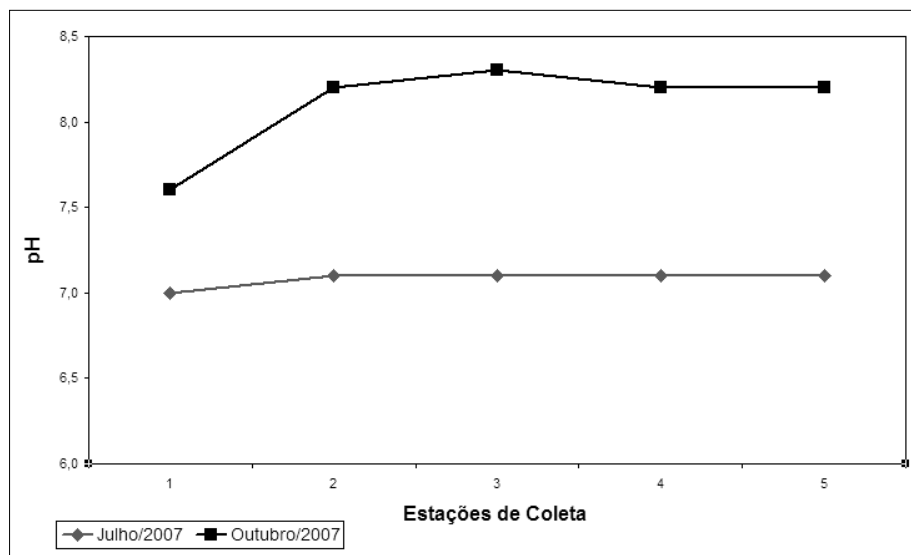
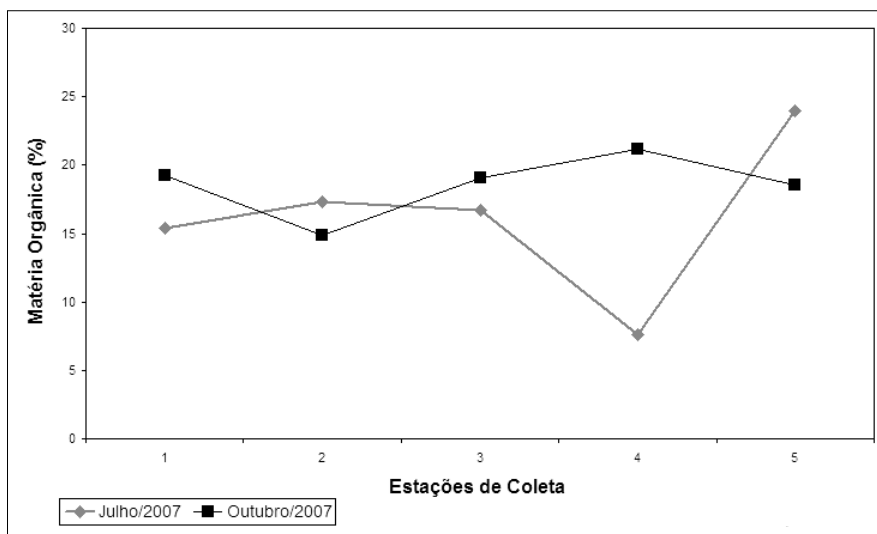


Figura 6 - Variação do pH nos meses de julho e outubro.

Figura 7 - Variação do teor de matéria orgânica nos meses de julho e outubro.



O oxigênio dissolvido na água da Lagoa do Araçá apresentou valores não detectáveis no mês de julho e, no mês de outubro os valores de oxigênio dissolvido variaram de 0,2 mg/L a 16,6 mg/L. Os valores de OD obtidos neste estudo se constituíram como uma importante ferramenta para a determinação da qualidade da água, pois, os baixos valores registrados, menores que a resolução CONAMA 357/2005 (estabelece que valores de OD em águas salobras não podem ser inferior a 4,0 mg/L), indicam poluição na área, principalmente no mês de julho, reforçando a idéia de que a capacidade de autodepuração da lagoa foi superada pela grande quantidade de resíduos despejados, provenientes de efluentes domésticos e industriais lançados sem nenhum tratamento diretamente na lagoa, dificultando a atividade fotossintética com a geração de baixas concentrações de oxigênio, comprometendo assim a fauna e flora aquáticas do local.

Devido aos baixos valores de OD encontrados (exceto na estação 2 e 4 no mês de outubro), a Lagoa do Araçá pode ser caracterizada como ambiente anóxico, o que favorece a manutenção das formas sulfatadas no ambiente e contribui para a complexação dos metais presentes.

Metais Pesados

Para se avaliar a qualidade dos sedimentos quanto a concentração dos metais potencialmente tóxicos a biota ou se avaliar o aumento do aporte na área é importante determinar os níveis naturais dos metais no ambiente em estudo (concentrações de "background" ou de referência), a fim de identificar o nível de impactação na área (Carral *et al.*, 1995). Neste estudo, foram considerados os valores de referência utilizados por Brayner (1988) e Rocha (2000), por se localizarem em manguezais preservados e serem consideradas áreas menos poluídas (Tabela I).

Para corroborar com os resultados dos metais, foram utilizados também, os dados do CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Am-

Tabela I - Concentrações médias dos metais nas áreas usadas como valores de referência.

Área	Cr (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)
Rádio Pina (interna) (Brayner,1998)	18,2	177,8	111,8
Itamaracá (PE) (Rocha, 2000)	-	158,7	73,2

biental do Estado de São Paulo), que definiu valores norteadores de alguns metais em sedimentos dos rios (Tabela 02), como também, a classificação de valores guias estabelecidos pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (CCME), (Tabela 03) e a comparação com outros trabalhos realizados em áreas de manguezais nas mesmas condições deste.

Tabela II - Valores orientadores para solo no estado de São Paulo (CETESB, 2005).

Substância	Referência	Prevenção	Solo (mg.kg ⁻¹ de peso seco)		
			Intervenção		
			Agrícola APMax	Residencial	Industrial
Cr	40	75	150	300	400
Zn	60	300	450	1000	2000

Tabela III - Valores-guia de qualidade de sedimentos estabelecidos pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (CCME, 1999).

Elemento	TEL*	PEL**
Cr	37,3	90
Zn	123	315

* TEL (Threshold Efectts Level) = Concentrações abaixo deste valor indicam que a frequência de efeitos biológicos adversos é rara.

** PEL (Problabe Efectts Level) = Concentrações acima deste valor indicam que a frequência de efeitos biológicos adversos é provável.

Na ausência de valores norteadores para o Fe, utilizou-se como referência os valores estabelecidos como limites pela Environmental Protection Agency - EPA, (1987): Fe = 17000 mg.kg⁻¹.

As concentrações médias de cromo, no sedimento de fundo da lagoa, variaram de 58,9 mg.kg⁻¹ no mês de julho a 157,3 mg.kg⁻¹ em outubro, mês em que as concentrações foram as mais elevadas (Figura 8). Seus valores nos sedimentos da lagoa foram superiores ao valor de referência da estação Rádio Pina, de referência e prevenção do CETESB, e de TEL e PEL do CCME, principalmente em algumas estações no mês de outubro, Isto indica uma forte contaminação pelo cromo, oriunda de diferentes fontes de contaminação existente ao longo do Rio Tejiipió e no entorno da lagoa, como as indústrias de material de transporte, química, de produtos de petróleo, plásticos, de papel e papelão, metalúrgica, material elétrico, postos de combustíveis, oficinas de veículos e dos efluentes domésticos sem tratamento adequado.

Os valores das concentrações de ferro encontrados nos sedimentos variaram de 20.200 mg.kg⁻¹ na estação 05 a 40.760 mg.kg⁻¹ na estação 02, ambas no mês de julho (Figura 9). Em todas as estações suas concentrações foram muito superiores

ao valor limite estabelecido pela EPA, o que indica contaminação na área por este metal, oriundas das atividades industriais nas adjacências da lagoa como postos de gasolina, indústrias de alimento, papelão, metalúrgica, bem como da ausência de uma política de saneamento ambiental na área, para evitar que os efluentes domésticos e indústrias sejam lançados dentro da lagoa sem tratamento prévio.

As concentrações de manganês variaram de 90,2 mg.kg⁻¹ em julho, na estação 5 a 326,4 mg.kg⁻¹, também no mês de julho, na estação 04. Seus valores nos sedimentos da lagoa apresentam-se acima do valor de referência do complexo estuarino de Itamaracá (com exceção da estação 5 no mês de julho). Para o valor de referência da estação Rádio Pina, apenas a estação 4, no mês de julho apresentou um valor muito acima deste nível. (Figura 10).

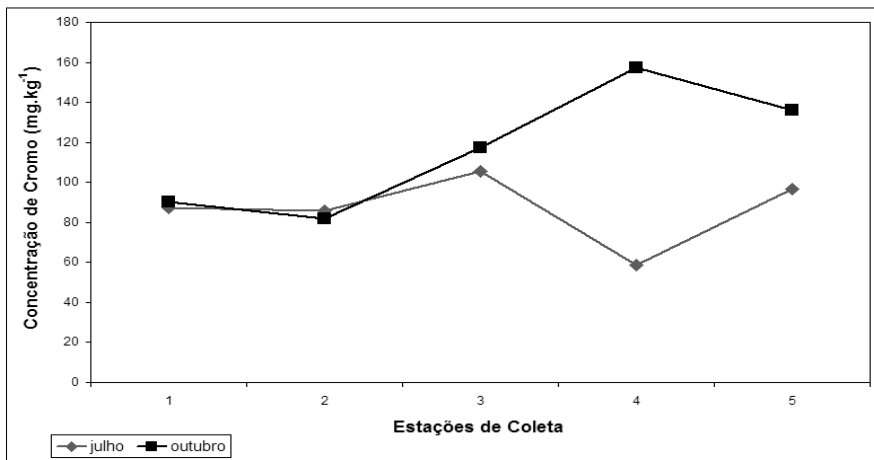


Figura 08: Concentrações médias de cromo nos meses de julho e outubro.

Figura 9 - Variação da concentração de ferro no sedimento, nos meses de julho e outubro.

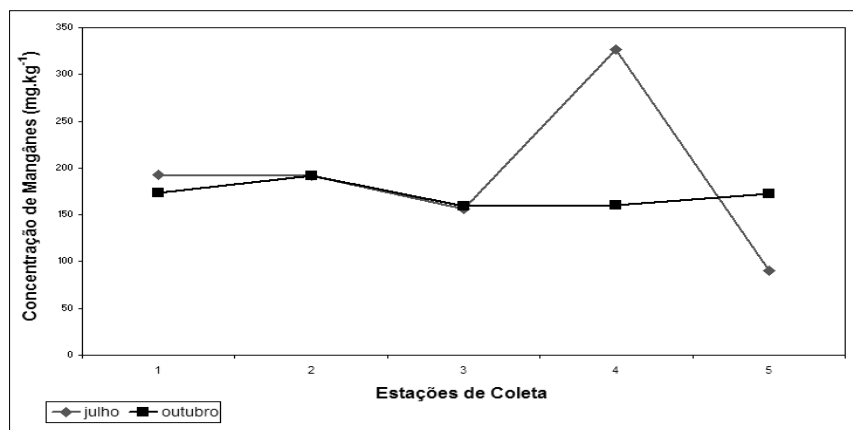
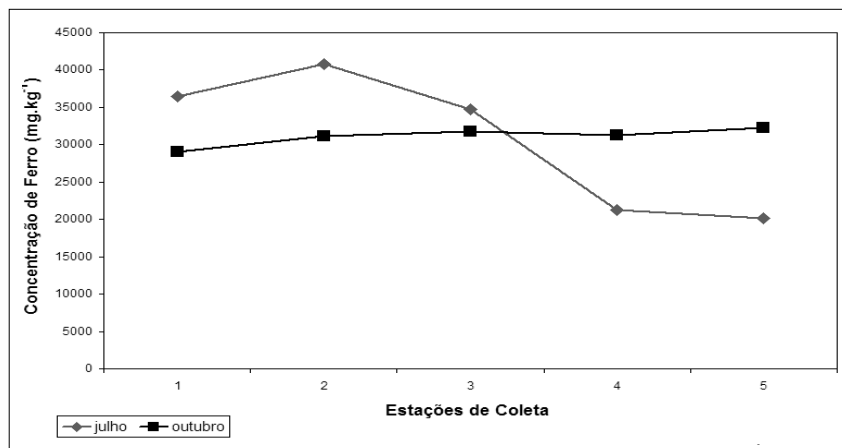


Figura 10 - Gráfico das concentrações médias de manganês no mês de julho e outubro.

A contribuição de manganês para o sedimento da lagoa pode ser devido a indústria metalúrgica existente próximo ao rio Tejipió e aos efluentes domésticos lançados na área.

Em pH com valores de 4,0 - 7,0 há predominância da forma divalente do manganês, que é mais solúvel, enquanto as formas oxidadas ocorrem em pH com valores mais altos. Portanto, os valores de pH encontrados no ambiente em estudo (7,0 a 8,3), indica predominância da forma menos solúvel do manganês que se precipita, acumulando-se nos sedimentos e tornando-se menos disponível para a biota.

As concentrações médias de zinco variaram de 146,0 mg.kg⁻¹ no mês de julho a 530,0 mg.kg⁻¹ no mês de outubro (Figura 11). Todas as estações de coleta apresentaram concentrações de zinco mais elevada no mês de outubro, tendo os valores obtidos indicado contaminação na área, pois são superiores aos valores estabelecidos como referência, aos valores de prevenção do CETESB e aos valores do PEL do CCME, o que indica frequência de efeitos adversos prováveis a biota. As altas concentrações desse metal pesado são devidas principalmente às indústrias existentes ao longo do rio Tejipió e no entorno da lagoa.

A precipitação de compostos solúveis de zinco é significativa nas condições ambientais observadas na Lagoa do Araçá: condições redutoras, valores de pH alcalinos, o que favorece a formação de hidróxido e, a presença de íons sulfeto, formando sulfeto de zinco, que limita sua mobilidade, acumulando-o nos sedimentos, contribuindo para o aumento da concentração desse metal nos sedimentos, principalmente no mês de outubro.

CONCLUSÕES

A qualidade da água da Lagoa do Araçá está comprometida quanto aos valores de oxigênio dissolvido obtidos. Os sedimentos da Lagoa do Araçá estão contaminados pelos metais pesados ferro, zinco cromo e manganês e apresentaram-se como importantes compartimentos acumuladores desses metais. A avaliação preliminar da concentração desses metais nos sedimentos da lagoa serve como base de dados para futuras intervenções na área, uma vez que a mesma é uma área de preservação ambiental e utilizada para pesca de subsistência pelos moradores do entorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, 21st edition, New York, 2005.

Brayner, F.M.M.. *Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana*. Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, 1998.

Calado, S.C.S.. *Níveis de concentração metais pesados em macroalgas e em sedimentos marinhos do Estado de Pernambuco-Brasil*. Tese de Doutorado em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

Carral *et al.* Influence of watershed lithology on heavy metal levels in estuarine sediments and orga-

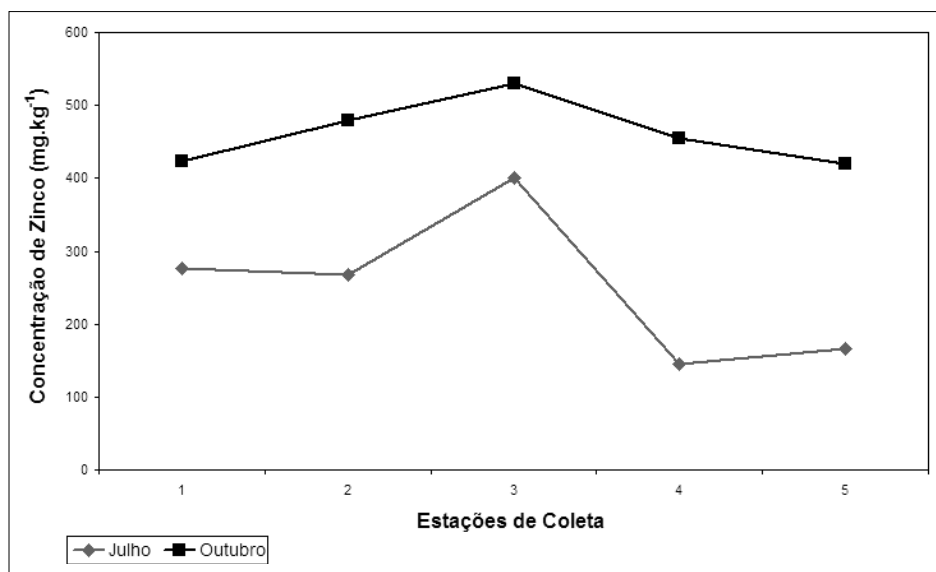


Figura 11 - Variação da concentração de zinco nos meses de julho e outubro.

- nisms in Galicia (North-West Spain). *Mar. Poll. Bull.*, v.30, n.9, p. 604-608, 1995.
- CCME- *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life- Protocol for the derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. Canadian Council of Ministers of the Environmental, p. 35, 1999.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo>> . Acesso em: 02 nov. 2008.
- Coimbra, A.G. *Distribuição de metais pesados em sedimentos e moluscos nos manguezais de Coroa Grande e Enseada das Garças, Baía de Sepetiba-RJ*. Niterói, 2003. Dissertação de Mestrado em Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, 2003.
- Farias, A.C.A. *et al.* Caracterização do ecossistema estuarino da Lagoa do Araçá, Recife, Pernambuco, in *Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2*, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- Flores-Montes, M.J. *Varição nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos do Canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 1996.
- Macêdo, S.J. & Costa, K.M.P. *Condições hidrológicas do estuário do rio Igarassu-Itamaracá - PE*. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, v.21, p.7-32, 1990.
- Maier, M.H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira - Brasil: qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, v.39, n.2, p.164-185, 1987.
- Miranda, J.B. *Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife-Pernambuco, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 2008.
- Odum, E.P. *Ecologia*.: Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1988.
- Osborne, P.L. Mangroves, seagrasses and decomposition, p.299-319, in Osborne, P.L. (ed.), *Tropical ecosystems and ecological concepts*. University of Cambridge Press, New York, 2000.
- RECIFE. *Cadastro das unidades de conservação da cidade do Recife*. Secretaria de Planejamento Urbano e Ambiental, 1996.
- Rocha, M.F. *Varição espacial e sazonal dos níveis de metais nos sedimentos superficiais e ostra de mangue (Crasostrea rhizophorae Guilding, 1828) do Complexo Estuarino de Itamaracá (PE)*. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica, Universidade Federal de Pernambuco, 2000.
- Salomons, W. & Forstner, V. *Metals in hydrocycle*. Spring- Verlag, 349 p., Berlin, 1984.
- Silva, H.K.P. *Concentrações de metais pesados nos sedimentos do estuário do Rio Capibaribe, Região Metropolitana do Recife (RMR) - Pernambuco, Brasil*. Dissertação de Mestrado em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- Silva, J.J. *Diretrizes para uso dos manguezais do Pina: uma análise crítica*. Universidade de São Paulo, 2001.
- Travassos, P.E.P.F. *Hidrologia e biomassa primária do fitoplâncton no estuário do rio Capibaribe-Recife-Pernambuco*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 1991.
- Thomas, R.L. A protocol for the selection of process-oriented remedial option to control "in situ" sediments contaminants. Ecological effects of "in situ" sediments contaminants. *Hidrobiologia*, v.149, p.247-258, 1987.
- Vasconcelos, R.F.A. & Bezerra, O.G. *Atlas Ambiental do Recife*. Prefeitura Municipal, Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente, 151 p., Recife, 2000.
- WHO. *Manganese*. World Health Organization, Environmental Health Criteria, 17, Geneva, 1981.