

AVALIAÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DOS ESGOTOS SANITÁRIOS DE FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL

Geological appraisal of the influence area of the System for Oceanic Disposal of the Sewerage of Fortaleza, Ceará State, Brazil

Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva¹, Antônio Jeovah de Andrade Meireles²

RESUMO

O presente trabalho refere-se a uma avaliação geológica do substrato marinho da área do Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza - SDOES. A região de estudo corresponde a área de influência do despejo pelo emissário submarino no litoral de Fortaleza, monitorada através da amostragem em doze estações localizadas na pluma de dispersão. Esse estudo foi realizado no período de fevereiro e novembro de 2007, estações chuvosa e seca respectivamente. Foi feita uma descrição textural e composicional do substrato marinho e determinadas as concentrações de matéria orgânica, carbonato de cálcio (CaCO_3) e metais pesados (cobre, cádmio, chumbo e zinco). O objetivo principal desse estudo foi realizar uma avaliação geológica e identificar possíveis indicadores de contaminação no substrato no entorno do SDOES. Os resultados obtidos indicam predominantemente a presença de um substrato biodetrítico, caracterizado por sedimentos variando de textura muito fina a grossa. A atividade biológica intensa na área de estudo, decorrente da grande presença de nutrientes, resultante da constante descarga de esgotos domésticos, justifica esse tipo de substrato. Os resultados obtidos indicam que as concentrações de matéria orgânica nas amostras de sedimento variaram entre 0,19 a 4,92%. A média geral de matéria orgânica nas duas campanhas foi de 1,44%. O teor de carbonato de cálcio nas amostras de sedimento oscilou entre 4,8 e 74,91%, sendo que este último valor foi observado durante o desenvolvimento da segunda campanha, na estação sete, localizada próxima à costa. O valor médio de CaCO_3 obtido nas duas campanhas foi 29,54%. O teor de cobre variou entre 0,05 e 2,35 $\mu\text{g/g}$, com média geral de 0,21 $\mu\text{g/g}$. A concentração de cádmio oscilou entre 0,05 e 6,63 $\mu\text{g/g}$, sendo que a média envolvendo as duas campanhas foi de 0,32 $\mu\text{g/g}$. Os valores obtidos para chumbo oscilaram entre 0,05 e 21,97 $\mu\text{g/g}$, com teor médio de 3,26 $\mu\text{g/g}$. A concentração de zinco nas amostras de sedimento variou entre 0,05 e 13,05 $\mu\text{g/g}$, com média geral de 2,85 $\mu\text{g/g}$ nas amostras de sedimento.

Palavras-chaves: sedimento, descrição textural, contaminação, Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza.

ABSTRACT

This research work was designed to make a geological appraisal of the marine substrate at the influence area of the System for Oceanic Disposal of the Sewerage of Fortaleza - SDOES, surveyed through twelve sampling stations located on the dispersion patch, from February to November, 2007, that is, at the rainy and dry seasons, respectively. Textural and compositional descriptions of the marine substrate were made and the contents of organic matter, calcium carbonate and trace metals (copper, cadmium, lead and zinc) were determined. The main objective of this research was to carry out a geological evaluation and to identify likely indicators of contamination at work on the surroundings of the SDOES zone. Its results point out to a predominant presence of a biodetritic substrate characterized by sediments whose texture varies from fine to coarse. The intensive biological activity going on at that area as a result of the sewerage-derived massive effluence of salt nutrients accounts for this type of substrate. The estimates of the organic matter contents ranged from 0.19 to 4.92%, with an overall mean of 1.44%. The calcium carbonate contents varied from 4.8 to 74.91%, having this latter value been observed on the second sampling campaign, at station number 7, nearer the coastline. The average of CaCO_3 content was estimated as 29.54%. The content of copper varied from 0.05 to 2.35 $\mu\text{g.g}^{-1}$, with an overall mean of 0.21 $\mu\text{g.g}^{-1}$. The cadmium content was in the range of 0.05 - 6.63 $\mu\text{g.g}^{-1}$, and its mean was 0.32 $\mu\text{g.g}^{-1}$. As to lead, the content values ranged from 0.05 to 21.97 $\mu\text{g.g}^{-1}$, with an overall mean of 3.26 $\mu\text{g.g}^{-1}$. The range and mean values for zinc contents were 0.05 - 13.05 $\mu\text{g.g}^{-1}$ and 2.85 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectively.

Key words: sediment, textural description, contamination, System for Oceanic Disposal of the Sewerage of Fortaleza.

¹ Pesquisador do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição 3207, Fortaleza, CE 60165-081. E-mail: paulogom@labomar.ufc.br

² Professor Assistente, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE 60455-760. E-mail: meireles@ufc.br

INTRODUÇÃO

As intervenções antrópicas no meio ambiente decorrem das necessidades de desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida da população humana. No entanto, tendo em vista os inevitáveis impactos sobre os ecossistemas, nem sempre se pode conciliar o bem-estar do homem com a qualidade da água e do substrato marinho e, ainda, com o equilíbrio biológico das espécies que compõem sua flora e fauna.

Emissários oceânicos têm-se mostrado como uma alternativa viável para a disposição de rejeitos urbanos em áreas metropolitanas mas, ao mesmo tempo, constituem fontes de poluentes não degradáveis que, mesmo em baixíssimas concentrações, podem acumular-se em sedimentos de fundo em sua área de influência. Dentre estes poluentes destacam-se os metais pesados, que estão presentes em efluentes domésticos e resíduos urbanos, devido à ampla utilização em diversos produtos e matérias-primas (Nriagu & Pacyna, 1988; ABICLOR, 2001). Uma vez depositados no sedimento de fundo, estes metais são pouco remobilizados, podendo acumular-se ao longo do tempo e atingir concentrações potencialmente danosas para comunidades bentônicas.

O presente trabalho refere-se a uma avaliação geológica do substrato marinho da área do Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza - SDOES. A região de estudo corresponde à área de influência do despejo pelo emissário submarino no litoral de Fortaleza, monitorada através da amostragem em doze estações localizadas na pluma de dispersão. Esse estudo foi realizado no período de fevereiro e novembro de 2007, estações chuvosa e seca respectivamente.

Caracterização da área de estudo

O emissário submarino de Fortaleza é constituído por um sistema de tubulações responsável pela emissão no mar dos resíduos orgânicos previamente tratados pela estação de tratamento de esgotos, que os lançam no meio marinho a uma distância de 3.300 metros da faixa litorânea, encontra-se delimitado pelas coordenadas UTM 9.590.000 m a 9.592.050 m e 551.000 m a 552.000 m respectivamente, e ao norte com o Oceano Atlântico (Figura 1). As coordenadas métricas usadas no presente trabalho referem-se ao sistema UTM, fuso 24 Sul, no datum horizontal SAD 69.

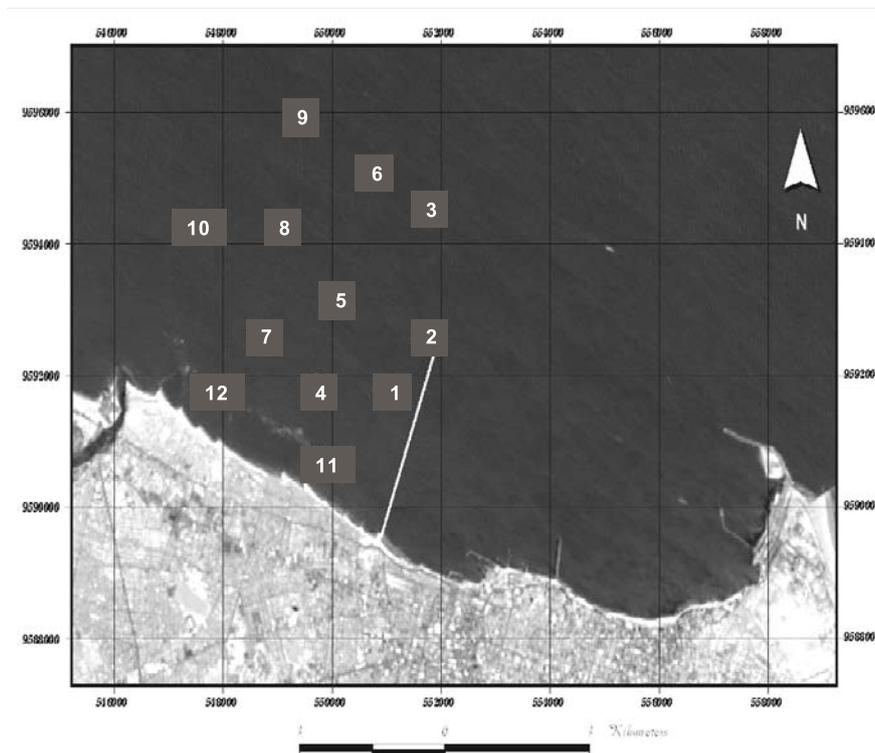


Figura 1 - Mapa da região costeira de Fortaleza, destacando-se o emissário submarino e a distribuição das doze estações de amostragem na área de influência do Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza - SDOES.

MATERIAL E MÉTODOS

Pontos de amostragem e parâmetros geoquímicos

Ao todo foram estudadas doze estações distribuídas ao longo da pluma de dispersão do emissário submarino de Fortaleza (Tabela I), sendo analisados os seguintes parâmetros geoquímicos nas amostras de sedimento: descrição textural e composicional, determinação das concentrações de matéria orgânica, carbonato de cálcio e metais pesados (cobre, cádmio, chumbo e zinco).

Tabela I - Estações de coleta de sedimento na área marinha do sistema de disposição oceânica dos esgotos sanitários de Fortaleza e suas respectivas coordenadas.

Estação	Coordenadas	UTM
1	9591756.9	550865.4
2	9592524.1	551667.9
3	9594581.2	551823.2
4	9591911.0	549600.8
5	9593231.1	550095.0
6	9594981.0	550651.2
7	9592556.4	548398.1
8	9594183.6	548830.8
9	9596056.4	549201.8
10	9594153.7	547134.1
11	9590708.6	550126.6
12	9591846.6	546672.2

Procedimentos de coleta das amostras de sedimento

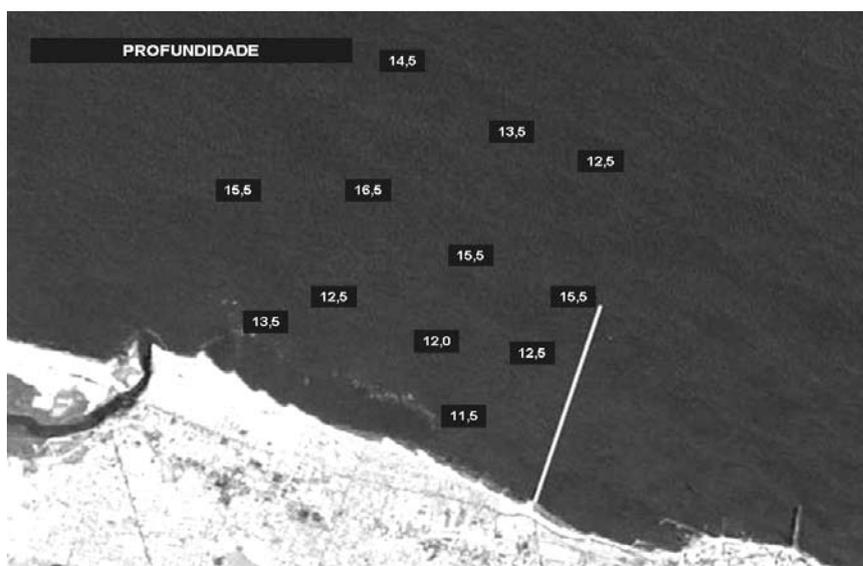
As amostragens foram realizadas em profundidades que variaram na faixa de 11,5 - 16,5 m (Ta-

bela II; Figura 2), efetuadas a boreste da embarcação (B.Pq. Prof. Martins Filho) à deriva, utilizando-se um amostrador busca-fundo *Van Veen* (Figura 3) em coletas com duração média de 5 min. Foi retirada uma amostra de 2 - 3 kg de sedimento em cada uma das doze estações de coleta, sendo esse conjunto submetido a descrição visual, identificação, acondicionamento em sacos plásticos a baixa temperatura e posterior análise em laboratório. A etapa de laboratório constou da caracterização dos elementos formadores de cada amostra, cálculo dos parâmetros estatísticos (média, mediana, desvio padrão, curtose e assimetria), além da descrição textural e composicional de cada amostra.

Tabela II - Estações de coleta de sedimentos e suas respectivas médias de profundidades na área marinha do Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza (SDOES).

Estação	Profundidade (m)
1	12,5
2	15,5
3	12,5
4	12,0
5	15,5
6	13,5
7	12,5
8	16,5
9	14,5
10	15,5
11	11,5
12	13,5
Média	13,7

Figura 2 - Mapa de distribuição das médias de profundidades (m) das doze estações de coleta de sedimento, na área de influência do Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza - SDOES.



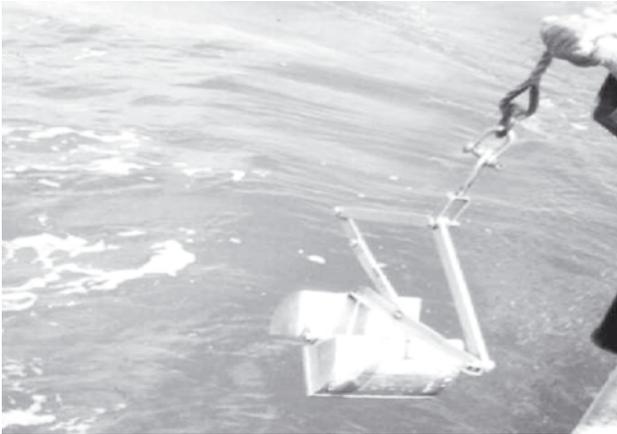


Figura 3 - Amostrador Van Veen utilizado na amostragem de sedimentos na área marinha de influência do SDOES.

Procedimentos de laboratório

O trabalho de análise granulométrica envolveu as seguintes etapas: (a) secagem das amostras em estufa a uma temperatura de 60°C por 24 h; (b) quarteamento e lavagem das amostras; (c) pesagem e peneiramento dos sedimentos. Após o preenchimento das fichas de análise granulométrica, foram calculados os parâmetros estatísticos (*folk e ward*) de cada amostra e feita sua classificação geral pelo diâmetro médio do sedimento.

Para a determinação do teor de matéria orgânica total, optou-se pela utilização do método gravimétrico, após combustão de 1 - 2 g de amostra seca em cadinhos de porcelana em forno mufla a 450°C por 2h. Esta técnica é bastante utilizada no estudo de sedimentos costeiros devido à sua facilidade e alta reprodutibilidade (Carvalho *et al.*, 1999; Molisani *et al.*, 1999).

O teor de carbonato de cálcio nas amostras de sedimentos foi determinado através do método do Calcímetro de Bertrand modificado. Inicialmente triturou-se 0,5 g de amostra de sedimento e colocou-se em um kitassato adaptado com um tubo de ensaio nomeado. Logo em seguida, separou-se dois kitassatos nomeados B1 e B2, colocando-se em cada um deles 0,5 g de CaCO₃. Nos tubos de ensaio acoplados a cada kitassato adicionou-se 2,0 mL de HCl a 10%, sem molhar a amostra. Em seguida, colocou-se no calcímetro de Bertrand 35,0 ml de água destilada, ajustando-se o nível da coluna d'água de forma que numa das pipetas atinja o zero. Entornou-se vagarosamente o kitassato para que o HCl contido no tubo de ensaio entrasse em contato com a amostra e a reação ocorresse. Os dados do volume deslocado pela reação em cada amostra são comparados por regra de três com a média de B1 e B2 $(B1 + B2/2)$

que possuem teor conhecido de 99% e, dessa forma, obteve-se o teor de CaCO₃ para cada amostra.

A técnica empregada para a determinação de metais foi a de emissão atômica. O procedimento de preparo da amostra consistiu em submeter a amostra de sedimento a uma secagem em estufa por 36h, sob uma temperatura de 80°C. Após a secagem a amostra foi submetida a um peneiramento com peneira de dois mesh. O procedimento de decomposição consistiu em submeter a amostra de sedimento a um aquecimento de 120°C por 4 h em uma mistura de HF (4 mL) com 3mL da mistura de HCl e HNO₃, na proporção 3:1, respectivamente, posteriormente o digerido foi diluído para um volume de 25 mL. Os teores dos elementos Cd, Cu, Pb e Zn foram determinados empregando espectrometria de emissão atômica. Para a detecção foi utilizado um espectrômetro de emissão atômica, modelo Optima 4500, Perkin Elmer, sendo que a quantificação utilizou o método da curva de calibração. Todo o procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O substrato da área de influência do SDOES se caracteriza pela presença de sedimentos formados por areia quartzosa e biodetrítica (Figura 4a-b) com texturas variando entre muito fina, fina, média, grossa e muito grossa e ocorrência de matéria orgânica, fragmentos de conchas, cascalho e placas de *Halimeda*. As estações 1, 2, 5, 7, 8, 10 e 12 apresentam substrato biodetrítico, observando-se bom teor de matéria orgânica e presença de fragmentos de conchas, enquanto que as estações 3, 4, 6, 9 e 11 têm substrato quartzoso, apresentando fragmentos de conchas e seixos rolados.

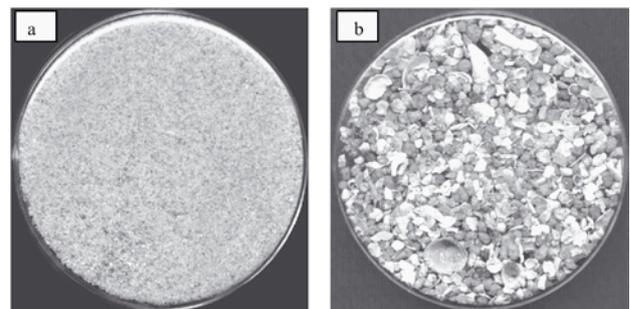


Figura 4 - Aspecto de sedimento quartzoso (a) e biodetrítico (b) colhidos no substrato marinho da área de influência do SDOES, fevereiro/novembro de 2007.

Na primeira campanha (fevereiro de 2007) predominaram os sedimentos de textura grossa e um substrato eminentemente biodetrítico, enquanto que na última campanha (novembro de 2007), preva-

leceram os sedimentos de textura média e um substrato biodetrítico.

As Tabelas III e IV mostram a variação de cor, textura, valores de matéria orgânica, carbonato de cálcio nas amostras de sedimento obtidos no decorrer da primeira e segunda campanhas respectivamente.

Os resultados obtidos indicam a presença predominante de um substrato biodetrítico, caracterizado por sedimentos de textura muito fina a grossa. A atividade biológica intensa na área de estudo, decorrente da presença de nutrientes resultantes da intensa descarga de esgotos domésticos, justifica esse tipo de substrato. Os resultados obtidos nas duas campanhas indicam que as concentrações de matéria orgânica nas amostras de sedimento variaram de 0,19 a 4,92%. A média geral de matéria orgânica nas doze estações nos dois períodos estudados foi de 1,44%. Os teores de carbonato de cálcio nas amos-

tras de sedimento coletadas nas duas campanhas oscilaram entre 4,8% e 74,91%, sendo que este último valor foi observado no decorrer da segunda campanha na estação sete, localizada próxima a costa. O valor médio de carbonato de cálcio obtido nas duas campanhas foi de 29,54%. Os teores de cobre variaram entre 0,05 e 2,35 µg/g, com média geral de 0,21 µg/g. As concentrações de cádmio oscilaram entre 0,05 e 6,63 µg/g, sendo que a média envolvendo as duas campanhas foi de 0,32 µg/g. Os valores obtidos para chumbo oscilaram entre 0,05 e 21,97 µg/g com teor médio de 3,26 µg/g. As concentrações de zinco nas amostras de sedimento variaram entre 0,05 e 13,05 µg/g, com média geral de 2,85 µg/g.

Agradecimentos - Os autores agradecem a Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE pela liberação dos dados utilizados nesse artigo.

Tabela III - Variação de cor, textura, valores de matéria orgânica e carbonato de cálcio nas amostras de sedimento, obtidos no decorrer da primeira campanha de monitoramento do SDOES, fevereiro de 2007.

Estação	Prof. (m)	Coloração	Textura	M. O (%)	CaCO ₃ (%)
1	12,5	Cinza claro	Areia muito fina	0,50	24,70
2	15,5	Cinza claro	Areia média	0,19	4,80
3	12,5	Amarelo creme	Areia grossa	0,31	15,00
4	12,0	Amarelo creme	Areia média	0,28	13,40
5	15,5	Cinza claro	Areia fina	0,55	19,30
6	13,5	Amarelo creme	Areia média	0,40	13,90
7	12,5	Cinza claro	Areia grossa	0,54	48,30
8	16,5	Cinza claro	Areia fina	0,29	16,60
9	14,5	Amarelo creme	Areia grossa	0,39	16,60
10	15,5	Cinza claro	Areia fina	0,36	32,70
11	11,5	Amarelo creme	Areia muito grossa	0,35	61,20
12	13,5	Cinza claro	Areia grossa	0,70	61,80
Média	13,7	----	----	0,40	27,35

Tabela IV - Variação de cor, textura, valores de matéria orgânica e carbonato de cálcio nas amostras de sedimento, obtidos no decorrer da segunda campanha de monitoramento do SDOES, novembro de 2007.

Estação	Prof. (m)	Coloração	Textura	M. O (%)	CaCO ₃ (%)
1	12,5	Cinza claro	Areia muito fina	1,94	32,10
2	15,5	Cinza claro	Areia fina	1,51	9,63
3	12,5	Amarelo creme	Areia grossa	1,65	19,80
4	12,0	Amarelo creme	Areia média	0,65	11,77
5	15,5	Cinza claro	Areia muito fina	1,52	25,15
6	13,5	Amarelo creme	Areia média	1,23	18,19
7	12,5	Cinza claro	Areia muito grossa	4,92	74,91
8	16,5	Cinza claro	Areia fina	3,81	21,94
9	14,5	Amarelo creme	Areia média	1,88	20,33
10	15,5	Cinza claro	Areia média	3,49	31,57
11	11,5	Cinza claro	Areia grossa	3,97	65,82
12	13,5	Cinza claro	Areia grossa	3,14	50,30
Média	13,7	----	----	2,47	31,79

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICLOR. *Anuário Estatístico 2000*. Associação Brasileira da Indústria de Álcalis e Cloroderivados, 24 p., São Paulo, 2001.

Carvalho, C.E.V.; Ovalle, A.R.C.; Rezende, C.E.; Molisani, M.M.; Salomão, M.S.M.B. & Lacerda, L.D. Seasonal variation of particulate heavy metals in the lower Paraíba do Sul River, R.J., Brazil. *Environ. Geol.*, v.37, n.4, p.297-302, 1999.

Folk, R.L. & Ward, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, n. 27, p. 3-27, 1957.

Molisani, M.N.; Salomão, M.S.M.B.; Ovalle, A.R.C.; Rezende, C.E.; Lacerda, L.D. & Carvalho, C.E.V. 1999. Heavy metals in sediments of the lower Paraíba do Sul River and estuary, Southeastern Brazil. *Bull. Environm. Contamin. Toxicol.* 63:682-690, 1999.

Nriagu, J.O. & Pacyna, J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, waters and soils with trace metal. *Nature*, v. 333, p.134-139, 1988.

