

EVOLUÇÃO E SITUAÇÃO ATUAL DA POLUIÇÃO NA ENSEADA DO MUCURIBE (FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL)

Evolution and actual situation of pollution at the Mucuripe
harbor embayment (Fortaleza-Ceará State, Brazil)

Fábio Perdigão Vasconcelos¹, Maria Thereza Damasceno Melo²

RESUMO

O primeiro estudo sobre poluição na Enseada do Mucuripe, em 1979, indicou altos valores de poluentes antrópicos nos sedimentos, principalmente óleos e graxas (até 8,1% do peso seco). Após os trabalhos de dragagem realizados entre 1979 e 1989 na bacia portuária, as concentrações dos poluentes nos sedimentos apresentaram uma tendência decrescente. Entretanto, os sedimentos da área central da enseada apresentam valores elevados de óleos e graxas, chegando a 0,51% do peso seco, ainda superiores aos níveis recomendados pela legislação internacional. Os baixos teores de carbono orgânico associados aos elevados valores da demanda química de oxigênio indicam uma tendência de dominação da oxidação química sobre os processos bioquímicos. A água apresentou valores normais de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido, não apresentando estratificação entre as camadas superficial e de fundo. Foi observada uma pequena diminuição dos teores de oxigênio dissolvido entre a superfície e o fundo, indicando um maior consumo de O₂ na interface água-sedimento. No caso da Enseada do Mucuripe, é possível que os trabalhos de dragagem tenham contribuído para uma melhoria da qualidade do substrato, através da diluição dos poluentes por dispersão dos sedimentos.

Palavras-chaves: sedimentos, poluição química, dragagem

ABSTRACT

The first studies on pollution in the Mucuripe Bay in 1979 showed high values (up to 8.1% dry weight) of anthropogenic pollutants, notably oil and grease in the sediments. Following the dredging works performed in period 1979-1989 in the harbor basin, the present situation seems to have improved. Sediment quality and distribution has not significantly changed and they are still dominated by fine grained sand. In the central area of the bay and near the harbor, the pollutant content has dropped down 0.51% dry weight, which still is over the acceptable level according to international legislation. The low amounts of organic carbon in sediments associated with a high free oxygen chemical demand depict the domination of chemical oxydizing processes over biochemical ones. The water of the bay presents normal temperature, salinity and dissolved oxygen content values. No stratification has been noticed, but the decreasing dissolved oxygen content from surface to botton shows a high oxygen consumption at the water-sediment interface. From the analysed data, it seems that dredging produced a significant drop down of sediment pollution even though it increased again after-wards. Thus, in some cases, dredging may be an efficient and cheap solution to avoid oil and grease pollution in sediments in and around harbors.

Key words: sediments, chemical pollution, dredging

⁽¹⁾ Pesquisador do Laboratório de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, atualmente Professor da Universidade Estadual do Ceará.

⁽²⁾ Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

INTRODUÇÃO

O termo poluição designa duas coisas. Por um lado ele se aplica a todas as substâncias artificiais sintetizadas pelo homem e lançadas na biosfera e, por outro lado designa todas as modificações antrópicas das concentrações e da distribuição dos produtos naturais (Brèard, 1988).

A duração do efeito nocivo da poluição está diretamente relacionada com o tipo, quantidade e intensidade com que os poluentes são lançados. A poluição casual é, normalmente, pontual e caracteriza-se por acidentes envolvendo grandes quantidades de poluentes. A intensiva é geralmente difusa e ocorre quando uma ou várias fontes poluem constantemente o ambiente.

A Enseada do Mucuripe está sujeita a um processo de poluição intensivo e difuso. Intensivo porque os poluentes não são oriundos de acidentes, mas lançados constantemente em decorrência das atividades portuárias, pesqueiras e da ausência de infraestrutura sanitária eficiente ao longo da enseada. Ela também pode ser caracterizada como difusa pois são várias as fontes de poluição, notadamente o manuseio de produtos no Porto do Mucuripe, os dejetos oriundos das atividades no cais pesqueiro e nas indústrias de beneficiamento de pescado, e os dejetos lançados pelos esgotos e riachos que deságuam na região (Vasconcelos, 1985).

Em 1979, Vasconcelos & Oliveira (1981) realizaram o primeiro estudo sobre a poluição por produtos químicos dos sedimentos da Enseada do Mucuripe. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a situação atual da poluição nos sedimentos, observando sua variação num período de 10 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidos 10 pontos distintos na Enseada do Mucuripe para coleta de água e sedimentos (figura 1), em três níveis diferentes: à superfície, à meia água com profundidade de 4 metros e ao fundo, com 8 metros.

As coletas de água foram realizadas com uma garrafa de Van Dorn e os sedimentos com uma draga de arrasto do tipo Gibbs. As amostras foram coletadas em julho de 1988.

Nas amostras de sedimento analisamos a granulometria, determinando o percentual participativo do cascalho, areia e fração fina na sua composição, utilizando um jogo de peneiras Granutest. Os sólidos voláteis totais, a demanda química de oxigênio (DQO) e os óleos e graxas foram determinados pelos métodos descritos por Chen & Lu (1974). O carbono orgânico foi determinado conforme os métodos descritos por Mac-

Kinnon (1981) e Prince (1963), e o carbonato de cálcio (CaCO_3) através de um calcímetro Dietrich-Sheibler.

A salinidade, a temperatura e o oxigênio dissolvido na água foram analisados *in situ* através de um termosalinômetro marca YSI, modelo 33 e um medidor de oxigênio YSI, modelo 57.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vasconcelos & Oliveira (1981) encontraram na Enseada do Mucuripe sedimentos predominantemente finos, poluídos com óleos e graxas em quantidades bastante superiores ao máximo recomendado pela legislação internacional. Os sedimentos apresentavam também uma grande quantidade de sólidos voláteis totais, com uma elevada demanda química de oxigênio, sobretudo nas áreas próximas ao Porto do Mucuripe.

Os resultados das análises de óleos e graxas, sólidos voláteis totais, carbono orgânico, DQO, CaCO_3 e da porcentagem da fração fina, da série atual de análises encontram-se na Tabela I.

Os sedimentos da Enseada do Mucuripe são predominantemente finos. A Figura 2 mostra a composição dos sedimentos em porcentagem da fração fina ($<45\mu\text{m}$). Observamos que toda a região portuária é coberta por sedimentos com mais de 80% de fração fina na sua composição. As áreas próximas às praias situadas a oeste do Porto do Mucuripe e próximas ao banco de sedimentos formado na parte interna do molhe de proteção do porto, conhecido como Praia Mansa, são constituídas por sedimentos grosseiros com porcentagens entre 2 e 23% de constituintes finos.

A composição granulométrica dos sedimentos desta região sofreu alteração nos últimos 10 anos, devido a dois fatores principais. O primeiro é a constante sedimentação da bacia portuária, causada pela difração das ondas no molhe do porto, que provoca o depósito constante de sedimentos na bacia portuária (Morais, 1972; Pitombeira, 1976). O segundo é consequência dos trabalhos de dragagem realizados no canal de acesso e na zona de atracação do Porto do Mucuripe, que removeram um volume médio anual de sedimentos da ordem de 500.000m^3 entre 1979 e 1989 (Anônimo, 1989).

Os trabalhos de dragagem no porto removeram a camada superficial dos sedimentos. A dispersão dos materiais dragados contribuiu para diluir os poluentes associados aos sedimentos da bacia portuária.

A evolução dos teores de óleos e graxas nos sedimentos exprime perfeitamente o efeito da dragagem sobre o ambiente. Há 10 anos os valores variaram entre 1,22% e 8,10%, extremamente elevados, considerando-se que o máximo aceitável para os sedimentos marinhos é de 0,15%. Hoje estes valores encontram-se entre 0,04% e 0,51%.

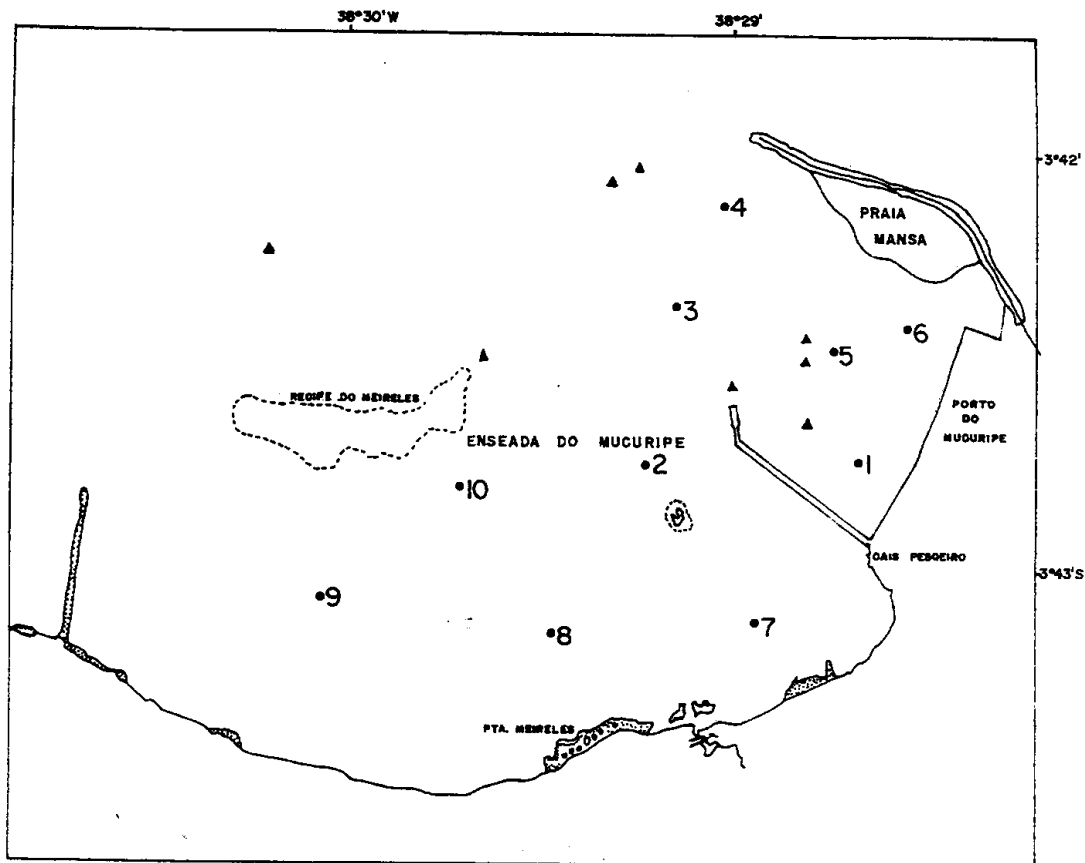


Figura 1 - Mapa de localização das estações de coleta na Enseada do Mucuripe.

Tabela I - Teores de óleos e graxas (O.G.), sólidos voláteis totais (S.V.T.), carbono orgânico (C.O.), demanda química de oxigênio (D.Q.O.), carbonato de cálcio (CaCO_3) e fração fina (F.F.) dos sedimentos da Enseada do Mucuripe, em porcentagem do peso seco.

Estações	O.G.	S.V.T.	C.O.	D.Q.O.	CaCO_3	F.F.
1	0,18	5,07	0,51	12,48	7,81	82,1
2	0,16	1,10	0,51	14,40	10,33	97,6
3	0,51	1,08	0,21	-	12,18	95,5
4	0,04	0,42	0,09	7,20	3,36	2,3
5	0,18	10,38	1,28	13,28	9,66	95,9
6	0,06	1,92	0,40	2,40	4,03	3,0
7	0,23	9,21	0,26	15,52	7,98	87,1
8	0,06	0,15	0,21	6,88	9,41	12,9
9	0,09	2,54	0,47	5,28	5,46	23,4
10	0,17	7,09	1,10	19,36	13,86	95,3

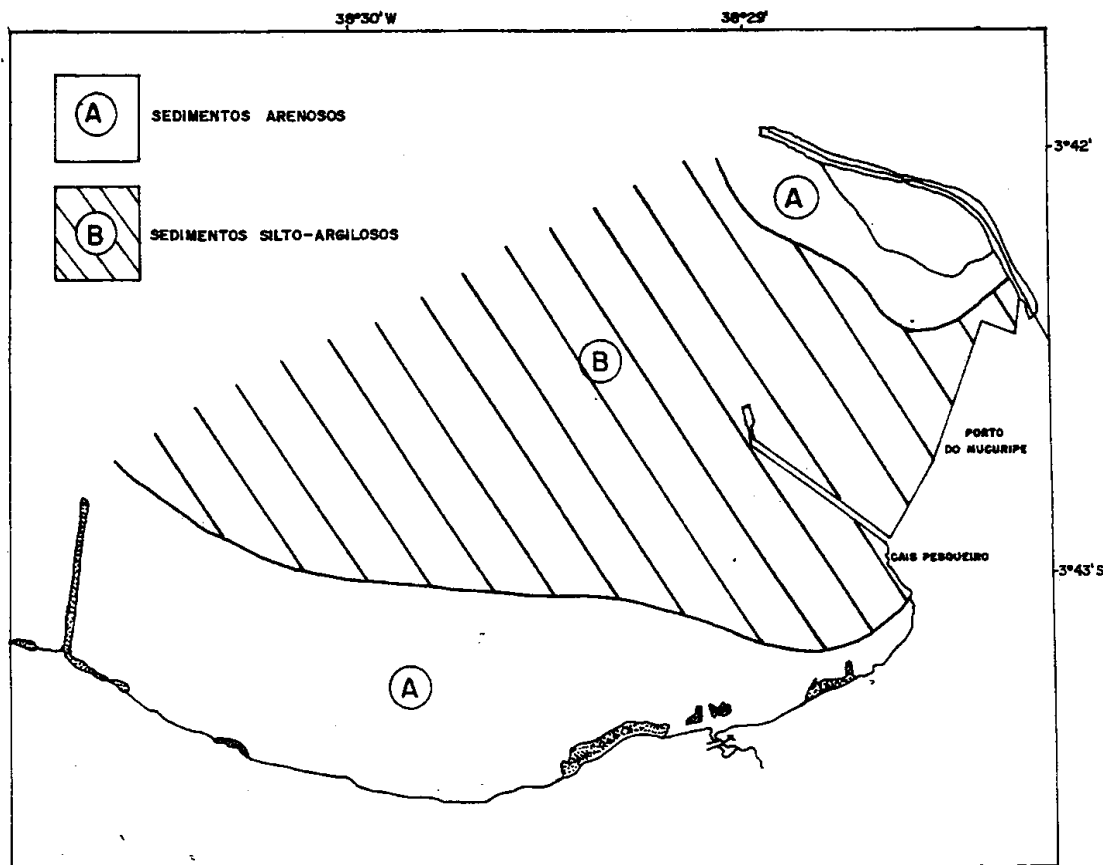


Figura 2 - Composição dos sedimentos em porcentagem da fração fina (<45µm), na Enseada do Mucuripe.

Apesar da diminuição dos teores de óleo e graxa nos sedimentos, a área em estudo ainda apresenta valores superiores aos 0,15% recomendados. Observando a Figura 3 notamos que as áreas próximas à Praia Mansa e à região praiana a oeste do porto são as únicas que não estão poluídas. A região central da bacia portuária encontra-se com teores de óleos e graxas três vezes superiores ao máximo recomendado. A Enseada do Mucuripe está bem menos poluída que há 10 anos, mas ainda apresenta uma quantidade de óleos e graxas em seus sedimentos que pode comprometer a atividade biológica da região, com efeitos danosos ao ambiente marinho e, conseqüentemente, às atividades de pesca artesanal.

Os valores superiores a 0,15% de óleos e graxas encontrados na proximidade do porto e em seu canal de acesso indicam que as principais fontes poluidoras são os Portos do Mucuripe e Pesqueiro. Outras fontes poluidoras não negligenciáveis são os gases provenientes da combustão de veículos automotores e das embarcações pesqueiras, que normalmente não possuem equipamentos de retenção de poluentes, como filtros ou catalizadores. Este fato foi comprovado por Milano *et al.* (1986), que encontraram elevados valores

de hidrocarbonetos poliaromáticos nos sedimentos do litoral mediterrâneo francês, provenientes da poluição por petróleo e seus derivados, notadamente: combustíveis, óleos, graxas, resíduos da combustão e pirólise de materiais orgânicos, gases de escapamentos de veículos motorizados e de incêndios.

A adsorção de óleos e graxas pelos sedimentos finos é facilmente comprovada quando observamos a semelhança entre as Figuras 2 e 3. A natureza adsorvente desses sedimentos, de composição rica em silte e argila, é responsável pelo acúmulo dos poluentes na bacia portuária. As áreas com sedimentos mais grossos estão menos sujeitas a um acúmulo de poluentes.

Os sólidos voláteis totais são constituídos por toda a massa combustível a 450° C, representando além da matéria orgânica total, os compostos com ponto de ebulição inferior a esta temperatura. Diversos poluentes encontram-se abrangidos por esta definição: pesticidas, hidrocarbonetos, tintas, alguns metais e diversos dejetos de origem antrópica, como plásticos e borrachas provenientes do desgaste de pneus de automóveis.

O máximo recomendável de materiais voláteis no sedimento marinho é de 6% de seu peso seco. Na Enseada do Mucuripe encontramos valores que

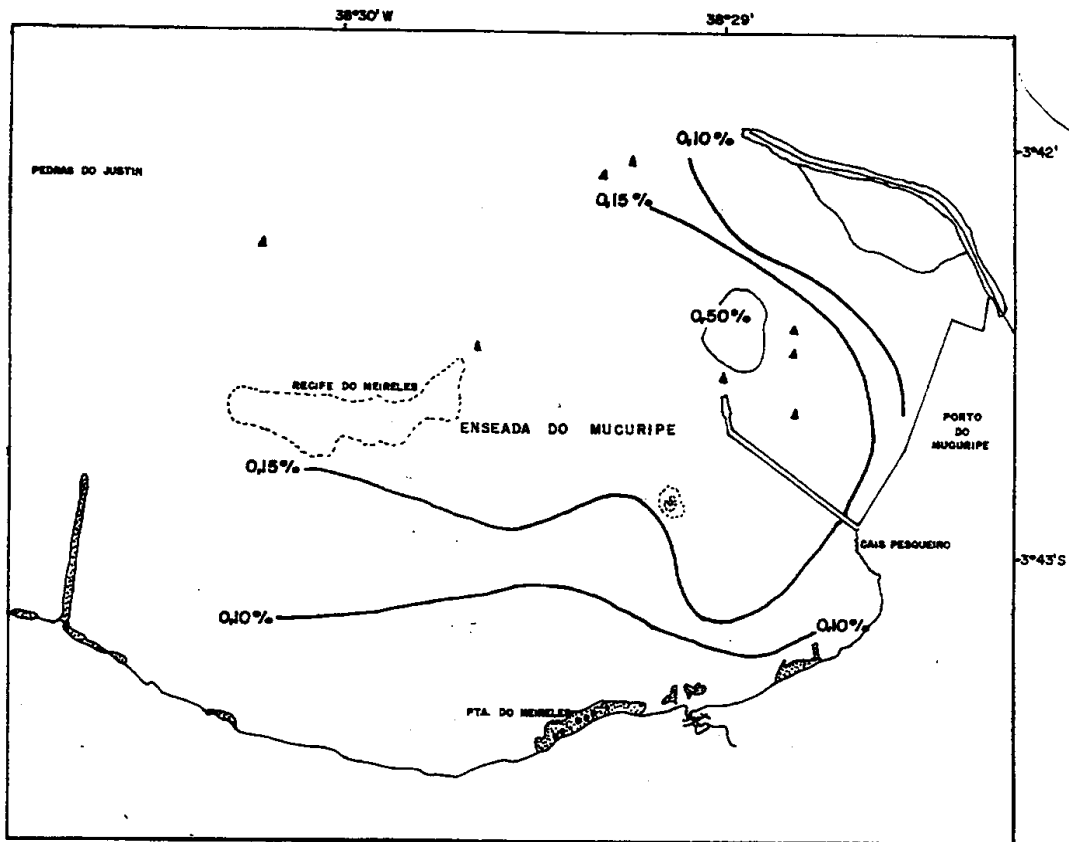


Figura 3 - Concentração de óleos e graxas nos sedimentos da Enseada do Mucuripe.

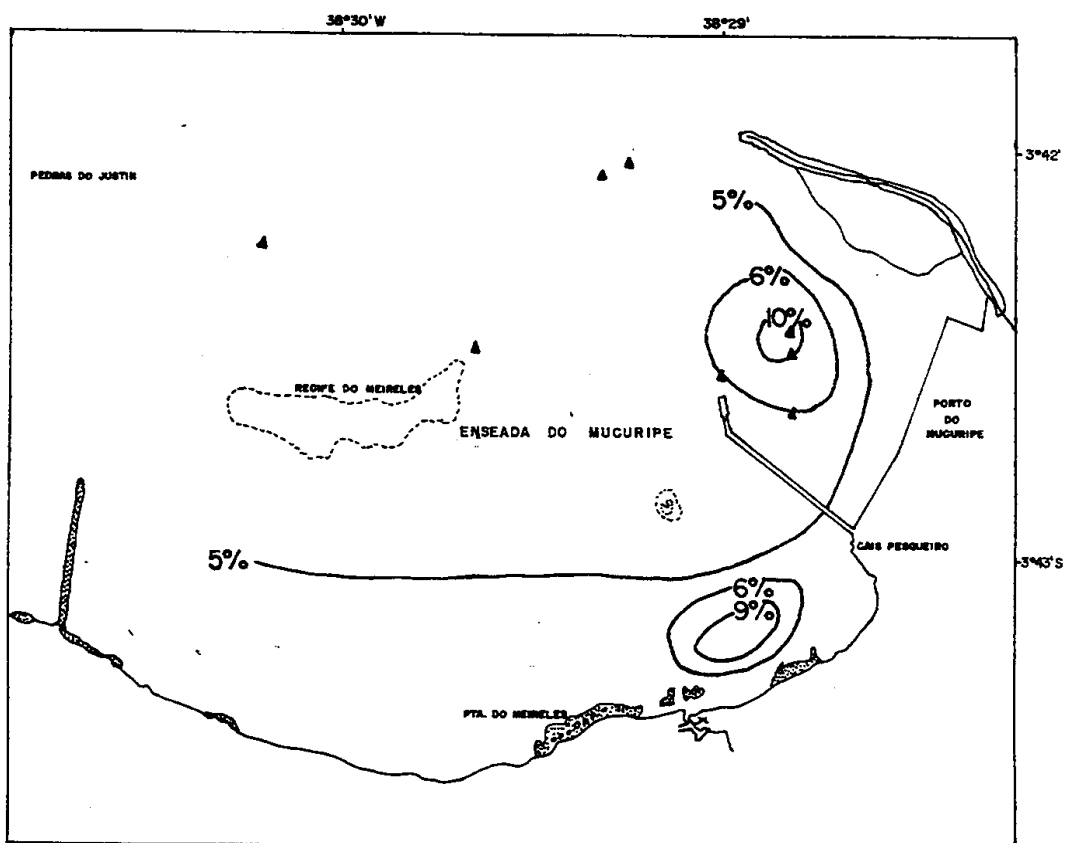


Figura 4 - Concentração de sólidos voláteis nos sedimentos da Enseada do Mucuripe.

variaram entre 0,15% e 10,38%. Na Figura 4 mostramos a distribuição da concentração deste parâmetro, podendo-se notar duas zonas distintas com valores superiores a 6%: a área central da bacia portuária entre o *pier* petroleiro e o cais de atracação do porto, e a região em frente ao cais pesqueiro. Estas duas zonas tem em comum a atividade portuária; na primeira, são grandes navios cargueiros, principalmente os petroleiros. Na segunda, barcos pesqueiros de pequeno e médio porte.

Próximo ao cais pesqueiro se encontram instaladas oficinas e estaleiros para reparo e construção de embarcações. Estes serviços muitas vezes são realizados na praia do Mucuripe, e os dejetos oriundos dessa atividade são lançados na praia ou diretamente ao mar. O conjunto de atividades ligadas ao complexo portuário contribui para o depósito permanente de poluentes no fundo da enseada, que se acumulam devido à pouca mobilidade de suas águas.

A associação destes poluentes aos sedimentos finos é evidente, mas devido a sua extrema diversidade de natureza e forma e, sobretudo, por serem lançados em grandes quantidades, encontramos valores elevados também em áreas com sedimentos mais grosseiros.

A matéria orgânica dissolvida é um parâmetro essencial do meio marinho, e os oceanos constituem a fonte mais importante de carbono orgânico do planeta, sendo sua massa estimada em $6,65 \times 10^8$ toneladas (Duce & Duursma, 1977). As inúmeras dificuldades para determinar a composição da matéria orgânica dissolvida, sobretudo pela sua diversidade de formas, problemas de ordem metodológica, contaminação durante a coleta e baixas concentrações de alguns elementos, indicam a análise do carbono orgânico total como o método mais racional para o estudo deste parâmetro (Fiala-Medioni & Pavillon, 1988).

A Enseada do Mucuripe apresenta atualmente concentrações de carbono orgânico total que variam entre 0,09% e 1,28%, em média duas vezes mais baixas que há 10 anos, quando variaram entre 0,21% e 2,40%.

As dragagens realizadas na Enseada do Mucuripe e o consumo da matéria orgânica pelo fitoplâncton, zooplâncton e animais bentônicos, sem esquecer a hidrólise dos polímeros e a degradação das proteínas pelas bactérias, podem ser os responsáveis pelo decréscimo do nível de carbono orgânico.

Os baixos teores em matéria orgânica estão ligados a reações complexas que ocorrem na interface água-sedimento (Buscail & Monaco, 1987). A adsorção de partículas sólidas pelos sedimentos e a poluição quebram o ciclo da matéria orgânica dentro da cadeia alimentar, impedindo a reposição destes compostos no ambiente marinho.

A DQO nos sedimentos nos dá uma idéia do grau de participação dos processos químicos na de-

composição da matéria orgânica e de outras substâncias, através da determinação da quantidade de O_2 requerido nestas reações. No Mucuripe encontramos uma DQO que variou entre 2,40% e 19,36%. Na maior parte da enseada, estes valores são superiores aos 5% máximos recomendáveis e somente nas áreas da Praia Mansa e praias a oeste do porto estes valores estão normais (figura 5).

Os valores da DQO, em média cinco vezes superiores aos determinados em 1979, associados a baixa concentração de carbono orgânico, indicam que a área em estudo encontra-se atualmente com uma fraca atividade biológica e que o consumo do oxigênio livre se deve, principalmente, aos processos químicos de degradação dos poluentes.

A Figura 6 mostra as concentrações do carbonato de cálcio ($CaCO_3$) nos sedimentos da Enseada do Mucuripe. Ressaltamos que estes valores foram obtidos através da análise do sedimento bruto, seco em estufa, e não utilizando apenas a fração fina. Mesmo considerando o aporte de $CaCO_3$ proporcionado pelas frações arenosa e cascalho, estes valores encontram-se bastante elevados. A causa dos elevados teores de $CaCO_3$ está relacionada com a decomposição natural de conchas e carapaças dos organismos mortos ou com a presença de poluentes químicos nos sedimentos, pertencentes à fauna bentônica e a infauna sedimentar.

Na Figura 7 comparamos os valores da temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido na água, nos três níveis de coleta. A temperatura teve um comportamento normal, variando entre $29^\circ C$ e $30^\circ C$, não ocorrendo diferenças significativas entre os três níveis de profundidade. Esta região está isenta de dejetos que possam provocar poluição térmica, quente ou fria. A normalidade destas temperaturas se deve a ausência de usinas termoelétricas ou nucleares que utilizam água como líquido refrigerante e que depois a lançam em altas temperaturas no meio ambientes ou ainda em sentido inverso, a ausência no Porto do Mucuripe de um terminal receptor de metano, que utiliza águas em altas temperaturas para sua conservação, lançando-as após em baixas temperaturas no meio ambiente.

A salinidade variou de $28^\circ/\infty$ a $30^\circ/\infty$, não apresentando diferenças significativas entre os níveis de coleta que possam indicar um processo de estratificação. Estes valores encontram-se normais para a região em estudo.

O oxigênio dissolvido na água variou de 6,0 mg/l a 8,6 mg/l. O comportamento do O_2 dissolvido nos três níveis é bem distinto. Observamos valores mais elevados na superfície, devido às trocas gasosas entre a atmosfera e a água, que enriquecem o meio aquático com O_2 , e valores um pouco inferiores na zona intermediária e mais baixos nas águas mais profundas. Estas águas são menos beneficiadas pelas trocas gasosas com a atmosfera, devido a sua pouca mobilidade.

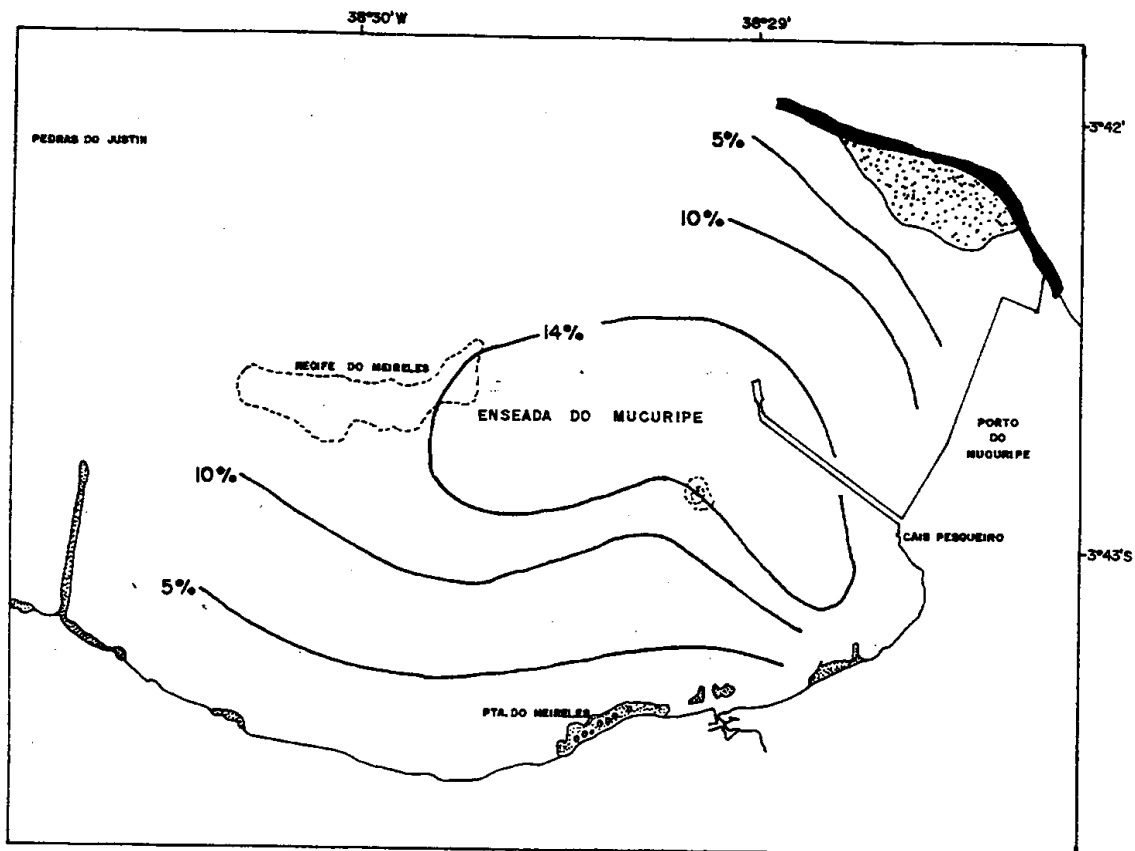


Figura 5 - Demanda química de oxigênio (DQO) nos sedimentos da Enseada do Mucuripe.

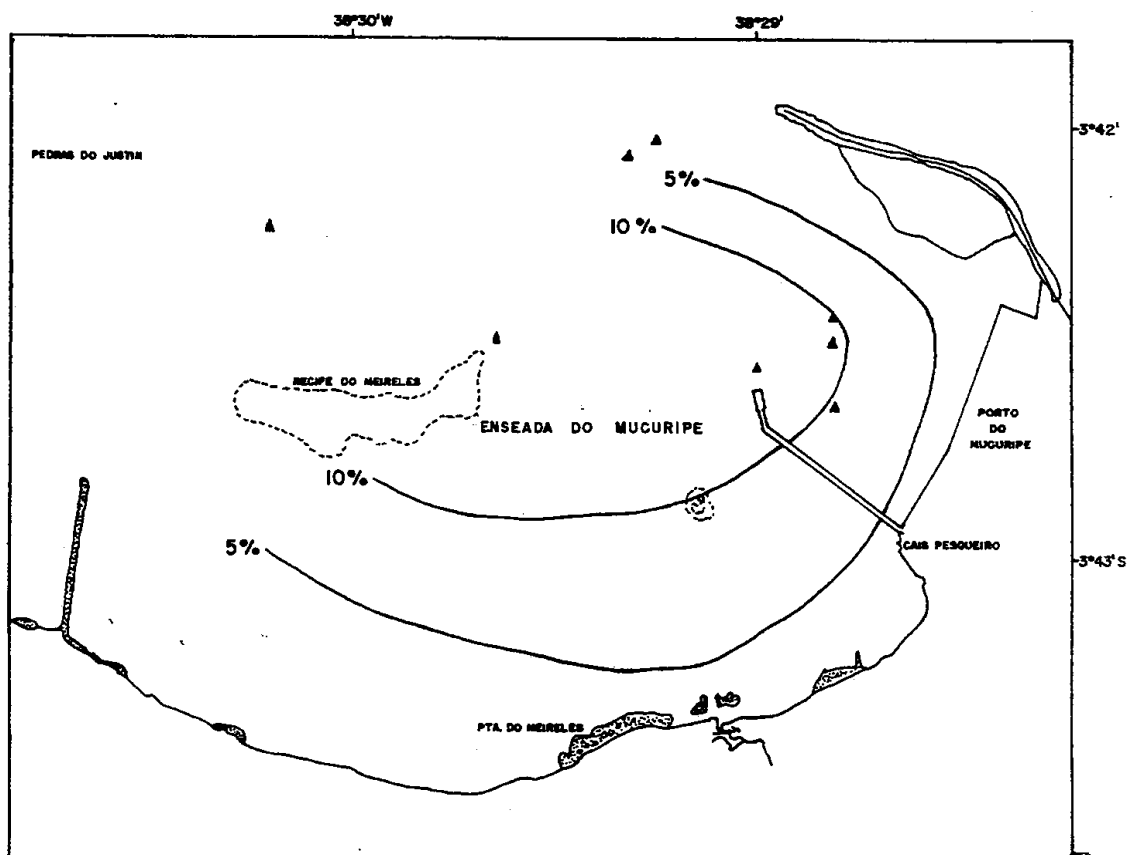


Figura 6 - Concentração do carbonato de cálcio (CaCO₃) nos sedimentos da Enseada do Mucuripe.

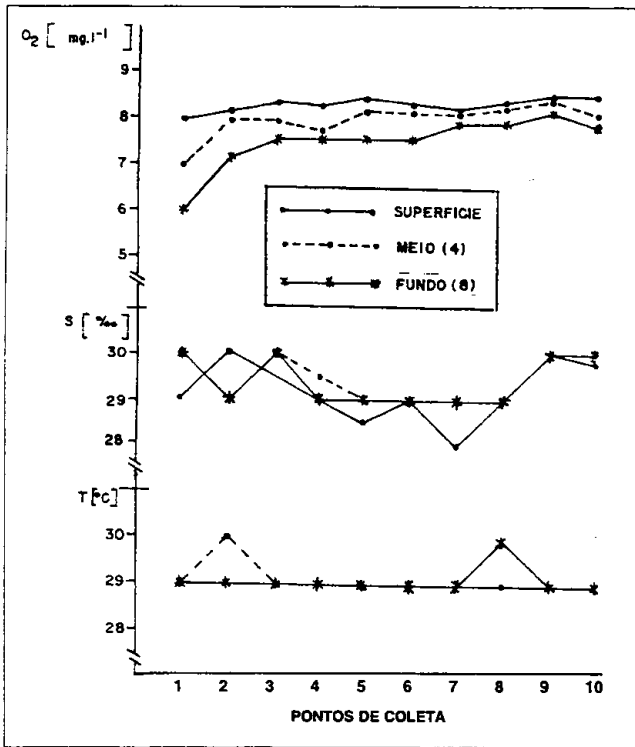


Figura 7 - Temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido na água, em três níveis de profundidade da Enseada do Mucuripe.

Têm como fontes de consumo o oxigênio utilizado pelas bactérias na oxidação da matéria orgânica na interface água-sedimento, a respiração dos animais aquáticos e o O₂ requerido nas reações químicas de decomposição dos poluentes, comprovados pelos altos índices da DQO.

As dragagens realizadas no Porto do Mucuripe contribuíram para uma redução da poluição na região central da enseada, mas não podemos negligenciar o fato de que uma vez em suspensão, estes sedimentos readquirem um poder de fixação de praticamente todos os micropoluentes existentes na água. Ottmann (1983) e Ottmann & Lahuec (1972) alertam para o papel fixador do material fino em suspensão que fixa bactérias, principalmente as enterobactérias, coliformes fecais, hidrocarbonetos, óleos, graxas, pesticidas, metais tóxicos ou não e a matéria orgânica em geral.

As dragagens da área portuária justificam a diminuição dos índices de poluição. A região não se encontra totalmente despoluída pois as fontes poluidoras não cessaram completamente, apesar dos esforços de algumas companhias petrolíferas instaladas na região no controle de acidentes e no despejo de efluentes. Foram observadas manchas de óleo na água das áreas próximas aos cais portuário e perqueiro.

CONCLUSÕES

1 - As dragagens regularmente realizadas na Enseada do Mucuripe contribuíram para diminuir os

índices de poluição dos sedimentos nos últimos 10 anos. A remoção da camada superficial de sedimentos proporciona a remobilização dos poluentes depositados e consequente diluição em águas com maior mobilidade.

2 - A região ainda se encontra poluída por dejetos provenientes, principalmente, do manuseio de derivados de petróleo e da atividade pesqueira industrial, sendo constante a presença de óleo na superfície da água próxima aos cais portuário e pesqueiro.

3 - As dragagens não alteram a composição dos sedimentos, observando-se apenas um aumento da área com sedimentos de granulometria predominantemente fina.

4 - Os sedimentos das áreas central, próximas ao porto e ao cais pesqueiro encontram-se poluídos, com concentrações de óleos e graxas superiores a 0,15% e sólidos voláteis totais superiores a 6%, valores máximos recomendados pela legislação internacional.

5 - A baixa concentração de carbono orgânico nos sedimentos comprova a diminuição dos recursos biológicos, consequência de um processo contínuo de poluição.

6 - Praticamente toda a enseada possui uma DQO superior a 5%, máximo suportável para o ambiente marinho. Estes valores são em média 5 vezes superiores aos de 1979 e demonstram que uma grande quantidade de oxigênio é requerida nos processos químicos, notadamente para a decomposição dos poluentes e oxidação da matéria orgânica.

7 - Os altos índices de CaCO₃ podem ser devidos ao excesso de carapaças e conchas de organismos mortos, que se acumulam devido a pouca mobilidade dos sedimentos finos.

8 - A água da Enseada do Mucuripe possui temperatura e salinidade normais, não apresentando variações que possam indicar um processo de estratificação.

9 - Os teores de oxigênio dissolvido na água são normais, observando-se uma pequena diminuição dos valores da superfície ao fundo. Estas diferenças se devem às trocas gasosas com a atmosfera, que oxigenam a água na superfície e um maior consumo de O₂ na interface água-sedimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anônimo. *Relatório da Companhia Docas do Ceará*, 1989.
- Brèard G. Milieu estuarien et ecotoxicologie. *Norais*, v. 35, p. 223-230, 1988.
- Buscail R. & Monaco, A.. Flux de matière et processus biogéochimiques à l'interface sédimentaire. *Bull. Soc. Géol. France*, v.4, n. 3, p. 715-722, 1987.
- Chen K.Y. & Lu, J.C. . Sediment compositions in Los

- Angeles and Long Beach harbors, and San Pedro basin. *Sed. Invest.*, v. 7, p. 1-177, 1974.
- Duce R.A. & Duursma, E.K. . Input of organic matter to the ocean. *Mar. Chem.*, v. 5, p. 319-339, 1977.
- Fiala-Medioni A. & Pavillon, J.F. Journées d'études sur la matière organique dissolue: synthèse. *J. Rech. Oceanogr.*, 13, 3, 4, 95-101, 1988.
- MacKinnon, M.D. . The measurement of organic carbon in seawater, p. 415-443, in. Duursma, E.K & Dawson, R. (eds.), *Marine organic chemistry*. Elsevier, Amsterdam, 1981.
- Milano J.C.; Fache, B. & Vernet, J.L. Pollution par les carbures polycycliques du sédiment, de la faune et de la flore du site du Cap Scié à la sortie de l'émissaire de la Ville de Toulon (côte méditerranéenne française). *J. Rech. Oceanogr.*, v.11, n.3, p. 93-96, 1986.
- Morais, J.O Processo de assoreamento do Porto do Mucuripe. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v.12, n. 2, p.139-149, 1972.
- Ottmann, F. Étude et impact des matières en suspension sur l'aménagement. *Bulletin of Engineering Geology.*, v. 28, p.109-120, 1983.
- Ottmann F. & Lahuec, G. Les effets des dragages sur l'environnement marin. A. F. A. S. Orléans., 1972.
- Pitombeira, E.S. Deformação das ondas por difração no molhe do Porto do Mucuripe (Fortaleza-Ceará-Brasil). *Arq.Ciên. Mar*, v.16, n. 1, p. 55-58, 1976.
- Prince, A.L. Apêndice. Métodos en analisis del suelo, p. 392-435, in Bear F. E. (ed.), *Química del suelo*. Ediciones Interciencia, 439 p., 1963.
- Vasconcelos, F.P. Aspectos da poluição nas praias do Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. *Bol. Ciên. Mar*, n. 41, p. 1-8, 1985.
- Vasconcelos, F.P. & Oliveira, M.A. Considerações sobre a poluição na Enseada do Porto do Mucuripe (Fortaleza-Ceará-Brasil). *Bol. Ciên. Mar*, n. 34, p. 1-11, 1981.