

- SOARES, P. C. ; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*, v.16 n.32, p.71-104, 1976.
- TAYLOR, D. W. *Stability of earth slopes*. J. Boston Soc. Civil Engrs. 24, 1937. p. 197-246.
- TERZAGUI, K ; PECK, R. B. *Soil mechanics in engineering practice*. 2. ed., New York : Wiley International Edition, 1967. 729 p.
- VARGAS, M. *Introdução à mecânica dos solos*. São Paulo : MacGraw-Hill do Brasil, 1978. 509 p.

Considerações Sobre Os Sedimentos Do Fundo Das Baías Das Laranjeiras E De Guaraqueçaba - Complexo Estuarino Da Baía De Paranaguá (Paraná, Brasil)

Considerations about bottom sediments of Laranjeiras and Guaraqueçaba Bays, estuarine complex of Paranaguá Bay (Paraná, Brazil)

Carlos Roberto Soares*
José Humberto Barcelos**

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o mapeamento sedimentar do fundo das Baías das Laranjeiras e de Guaraqueçaba - parte norte do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (Figura 1).

Foram coletadas 219 amostras, cobrindo uma área aproximada de 250 km² (figura 2), tendo sido feitas as seguintes análises: granulometria (por pipetagem e peneiramento), teores de matéria orgânica, carbonato biodetrítico e minerais pesados não opacos na fração areia fina (0,250-0,125 mm).

A partir destes resultados elaboraram-se mapas de distribuição das frações grosseira e fina (figuras 3, 4 e 5), dos parâmetros estatísticos de granulométricos (figuras 6, 7 e 8) e dos teores de matéria orgânica (figura 9) e da distribuição de minerais pesados (figura 10).

Aventa-se a possibilidade, a partir da análise da morfologia do fundo, de uma separação entre os dois troncos principais do complexo estuarino (Baía de Paranaguá propriamente dita e Baía das Laranjeiras) no que diz respeito ao transporte de fundo, devido à presença de um extenso banco arenoso (Baixio do Perigo), localizado na zona de encontro dos dois sistemas (figura 11).

Nas Baías das Laranjeiras e Guaraqueçaba verificou-se uma granodrecrescência rumo à montante (figura 12), fato provavelmente relacionado aos distintos materiais sedimentares e processos de transporte disponíveis. À montante, onde as características de mistura de água doce e salgada são marcantes (caracterizando um estuário), ocorre a retenção de finos no fundo ou nos manguezais (pela ação de correntes de maré) e a jusante, onde ocorre maior influência de condições similares às de mar aberto, prepondera a fração areia. As diferenças nos conteúdos de grosseiros e finos, bem como as variações nos parâmetros estatísticos foram relacionadas a estes processos.

* Departamento de Geologia/Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná.

**Departamento de Geologia Sedimentar - UNESP - Campus de Rio Claro - SP

ABSTRACT

This paper provides the sedimentological mapping of the bottom of Laranjeiras and Guaraqueçaba Bays - in the northern part of the Estuarine Complex of Paranaguá Bay (figure 1).

219 samples were collected, covering an area of approximately 250 km² (figure 2), with the following analysis performed: sieving (for fractions up to 0,062 mm) and pipette for silt and clay fractions; organic matter, biotritus carbonate content and non-opaque heavy minerals in the fine sand fraction (0,125 mm). From maps were presented considering the distribution of the large and fine fractions (figures 3, 4 and 5), the grain size of statistical parameters (figures 6, 7 and 8) and the contents of organic matter (Figure 9) and heavy minerals (figure 10).

Considering the morphological configuration of the bottom, one concludes that there is a separation between the two main bodies of the complex in regard to bottom transport, demonstrated by the presence of an extensive sand bank (called Baixo do Perigo) in the meeting zone of the two systems (figure 11). In Laranjeiras and Guaraqueçaba it was observed an upfining going upstream (figure 12), a fact related to the provenance of the sediments and to the distinct forms of transport that occur in the most internal sectors of the estuary. The difference in the contents of large and fine as well as the variations in the statistical parameters were related to these transport processes.

INTRODUÇÃO

Estudos relacionados às regiões estuarinas têm tido grande desenvolvimento nas últimas décadas, pelo fato destes ambientes serem propícios à implantação de portos e por representarem importante papel ecológico como refúgio e criadouro de espécies animais.

Grande dificuldade tem sido encontrada para a definição do conceito de estuário, devido à complexidade de fatores que atuam sobre este ambiente. FAIRBRIDGE (1980) menciona que não é possível estabelecer uma definição única, capaz de satisfazer todos os aspectos envolvidos, e que cada estuário está sujeito a diferentes fatores físicos em diferentes razões.

Não existe na literatura uma classificação para estuários baseada na sua composição sedimentológica do fundo, objetivo deste trabalho. De fato não existem regras para um padrão de distribuição de sedimentos, o que torna muito difícil uma proposta do gênero. O único consenso existente, é que há uma granodecrescência rumo à montante (DYER, 1979).

A definição de estuário aceita neste trabalho é a sugerida por PERILLO (Universidad Nacional del Sur, Instituto Argentino de Oceanografía, *comum. pess.*): "estuário é um corpo d'água costeiro, semifechado, cujo extremo superior se estende até o limite de máxima influência da maré, e onde a água do mar que ingressa através de uma ou mais conexões livres com o mar aberto ou outro corpo costeiro é diluída significativamente pela água doce proveniente da drenagem continental". Nesta conceituação é enfocada a multiplicidade de canais que um estuário pode ter com o oceano aberto e a influência da maré, fatos não explícitos na clássica definição de CAMERON & PRITCHARD (1963), comumente empregada na literatura brasileira. Estas considerações preliminares são importantes para o entendimento dos processos que atuam no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, como será visto no decorrer deste trabalho.

A costa sul-sudeste do Brasil é caracterizada pela presença de uma escarpa marginal constituída por rochas ígneas e metamórficas do Embasamento Cristalino,

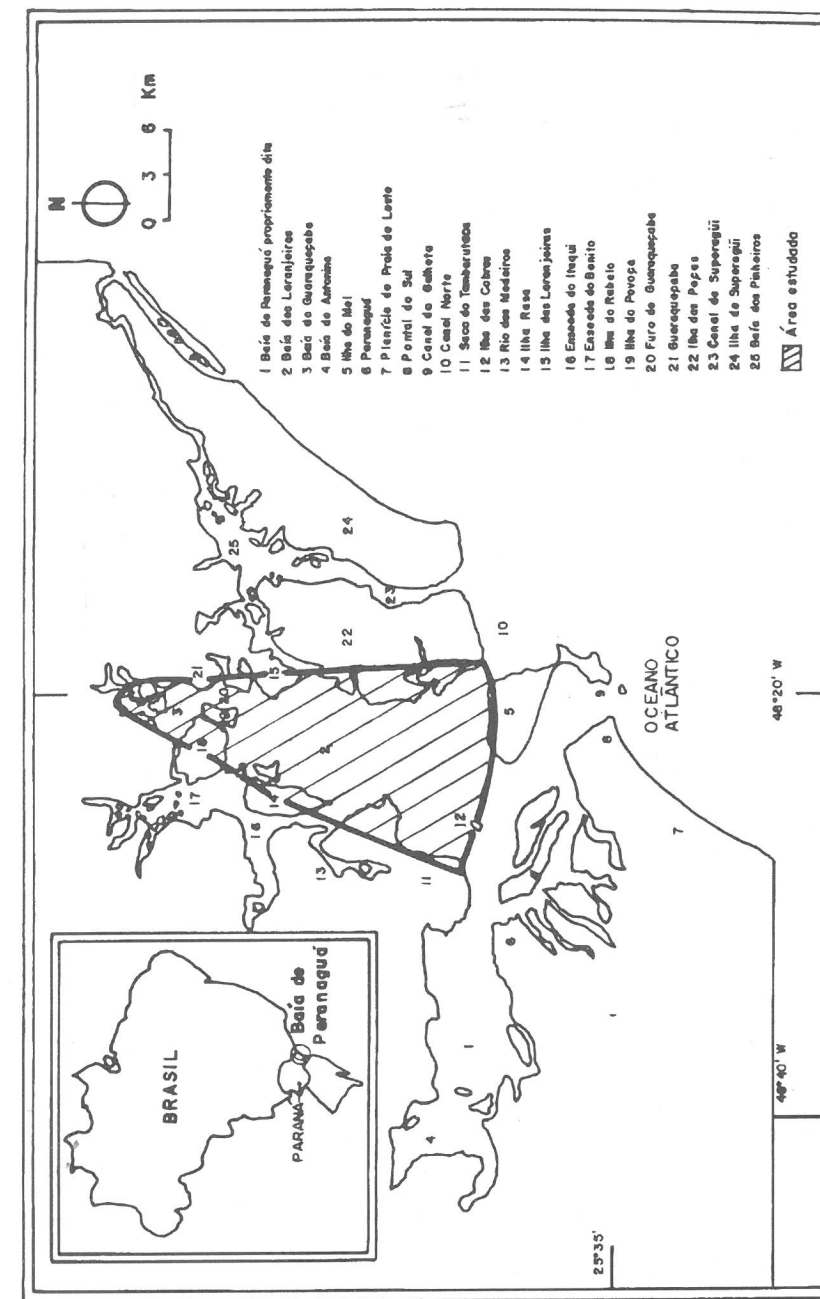


Fig.1

Mapa de localização do complexo estuarino da Baía de Paranaguá e da área estudada: as Baías das Laranjeiras e de Guaraqueçaba. Location map of the estuarine complex of Paranaguá Bay and the researched area: Laranjeiras and Guaraqueçaba Bays.

que condiciona de forma peculiar a geomorfologia e o fornecimento de material para os complexos estuarino-lagunares existentes nas suas planícies costeiras. Esta região da costa foi designada por SILVEIRA (1964) como "Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas", compreendendo-se nesta subdivisão a área entre o sul do Espírito Santo e o Cabo de Santa Marta, no Estado de Santa Catarina.

Neste trecho da costa é que foram iniciados os trabalhos relativos ao mapeamento de fundo das áreas protegidas, desenvolvidos por KUTNER (1962) na área de Cananéia e MAGLIOCCA & KUTNER (1965) nas enseadas do Flamengo-Ubatuba, todas no litoral de São Paulo.

Novo enfoque foi dado a partir da segunda metade da década de 70, com a criação da seção de Portos e Canais nos Congressos Brasileiros de Geologia de Engenharia. Neste período, procurou-se estabelecer métodos de pesquisa para estas regiões (KUTNER, 1976; DUARTE *et al.*, 1976; PONÇANO, *et al.*, 1976), bem como postular modelos de sedimentação para a viabilização da implantação de portos e/ou lançamento de materiais dragados (PONÇANO & FÚLFARO, 1976; FÚLFARO & PONÇANO, 1976; PONÇANO *et al.*, 1976). As áreas enfocadas nesta época foram, principalmente, a Baía de Santos (SP) e a Baía de Sepetiba (RJ).

Mais recentemente outros reconhecimentos sedimentológicos foram efetuados, como os da Baía de Ilha Grande - RJ (MAHIQUES, 1987), Cananéia-Iguape - SP (TESSLER, 1982), Itajaí-Açú - SC (PONÇANO & GIMENEZ, 1987) e novamente a Baía de Santos (PONÇANO & GIMENEZ, 1985 *a e b*).

No Estado do Paraná os estudos da natureza dos sedimentos de fundo foram estabelecidos apenas para parte do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (BIGARELLA *et al.*, 1970; BIGARELLA, 1978), nos segmentos denominados por Baía de Paranaguá propriamente dita e Baía de Antonina. A região da Baía de Guaratuba, no litoral sul do estado, foi estudada por BARBOSA (1991).

O presente trabalho procura estender os conhecimentos para o setor norte do Complexo Estuarino de Paranaguá, nas baías designadas por Guaraqueçaba e Laranjeiras. É baseado em um mapeamento sedimentológico sistemático, procurando-se estabelecer relações com os processos hidrodinâmicos que ocorrem na área.

ÁREA ESTUDADA

O Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá abrange um grande corpo aquoso de forma irregular, que se projeta continente adentro na região de paisagem natural designada como Planície Litorânea (MAACK, 1968).

A baía compartimenta-se em diversos segmentos menores no seu interior, possuindo ligação com o oceano adjacente por meio de canais muito estreitos quando comparados à extensão total da baía, uma das maiores do Brasil, com aproximadamente 550 km² de área.

Basicamente, o complexo compreende dois setores principais, denominados Baía de Paranaguá propriamente dita, com 56 km no eixo leste-oeste, e Baía das Laranjeiras, com 30 km no eixo norte-sul. Enseadas, baías, rios e gamboas recortam o terreno adjacente a partir dos segmentos maiores (figura 1).

A presença da Ilha do Mel subdivide a entrada da baía em dois canais principais, que servem de ligação entre os setores maiores e o oceano. Estes canais são designados como: a) Canal da Galheta, localizado entre o Pontal do Sul e a ilha, com uma distância entre estes de 3 km; b) Canal Norte, com uma largura de 2 km entre a Ilha do Mel e a Ilha das Peças. Outro canal, o de Superagui, faz ligação entre o oceano e um setor distinto do complexo, conhecido como Baía de Pinheiros.

Quanto ao contexto geológico-geomorfológico, a planície litorânea é composta por sedimentos inconsolidados do Pleistoceno e Holoceno, de origem variada, compreendendo sedimentos arenosos dos cordões litorâneos nos terraços de construção marinha, depósitos fluviais arenosos e siltico-argilosos, sedimentos detrítico orgânicos estratificados de antigas lagoas ou planícies de inundação e sedimentos das planícies de marés (BIGARELLA *et al.*, 1978). Também ocorrem na área sedimentos da Formação Alexandra, de caráter continental e idade miocênica inferior (LIMA & ANGULO, 1989).

A Serra do Mar forma uma moldura para a baía, sendo composta por granitos, migmatitos, granulitos, xistos e anfibolitos (BIGARELLA *et al.*, 1978). Às vezes pontões do embasamento afloram em morros isolados na planície ou na forma de ilhas nas baías.

O clima da área é do tipo Cfa pela classificação de Köppen, ou seja, clima pluvial temperado, sempre úmido, com chuvas em todos os meses do ano e temperatura média do mês mais quente acima de 22°C (BIGARELLA *et al.*, 1978). MAACK (1968) verificou que o mês mais quente é o de janeiro (média de 25°C) e o mês de julho o mais frio (média de 17°C). Os meses mais chuvosos são os de verão, sendo que fevereiro apresenta o maior índice acumulado (média de 304 mm) e julho o mais seco (61 mm).

Predominam na área, segundo dados do INPH (1988), ventos entre E e SE, perfazendo 41% do total registrado (período 1982/86), sendo as velocidades mais frequentes entre 4 e 6 m/s.

As marés e sistemas de correntes não são ainda bem conhecidos na região de Paranaguá. BIGARELLA *et al.* (1978), embasado em dados do Instituto de Pesquisas da Marinha, verificou que a maré em Paranaguá é próxima de uma semidiurna pura, com aparecimento de uma maré secundária de três horas de semiperíodo, que ocorre quando o ciclo lunar se afasta das sizíguas e se aproxima das quadraturas (invertendo o sistema de circulação). A amplitude das marés é inferior a 2 m (regime de micromarés) e a velocidade média estimada para esta corrente no Canal Norte nos períodos de enchente foi de 1,6 nós (0,82 m/s), elevando-se um pouco mais na baixa-mar (BIGARELLA *et al.*, 1978).

O estuário foi classificado por KNOPPERS *et al.* (1987), quanto à estratificação da coluna d'água, como parcialmente misturado, com tendências a estratificação em períodos de chuva intensa.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 219 amostras de fundo, dispostas numa série de perfis perpendiculares à direção geral da baía, distanciados aproximadamente 1000 m um do outro. Nos perfis plotaram-se pontos a cada 500 m, procurando-se definir assim uma amostragem regular (figura 2).

As amostras foram obtidas com um busca-fundo tipo "Van Veen". A localização dos pontos foi feita por meio de um sextante de precisão, realizando-se a plotagem destes com uma régua de navegação na carta topográfica SG.22-D-III-3 (DSG, 1971, escala 1:50.000).

Efetuarão-se as seguintes análises:

a) granulometria, pelo método de pipetagem e peneiramento (conforme descrito por CARVER, 1971) utilizando-se intervalos entre peneiras de 0,5 ϕ (Escala de Wentworth). Os parâmetros estatísticos foram calculados de acordo com as fórmulas de FOLK & WARD (1957), a partir do programa GRANULO (desenvolvido pelo Laboratório de

Geomatemática da UNESP, Rio Claro). A classificação textural baseou-se em SHEPARD (1954);

b) composição mineralógica, investigada por contagem de grãos a partir da separação em bromofórmio (CARVER, 1970) na fração areia fina, tendo sido descritas 25 amostras;

c) teores de matéria orgânica e carbonato biodetrítico, com o emprego do método de ignição descrito por DEAN (1974).

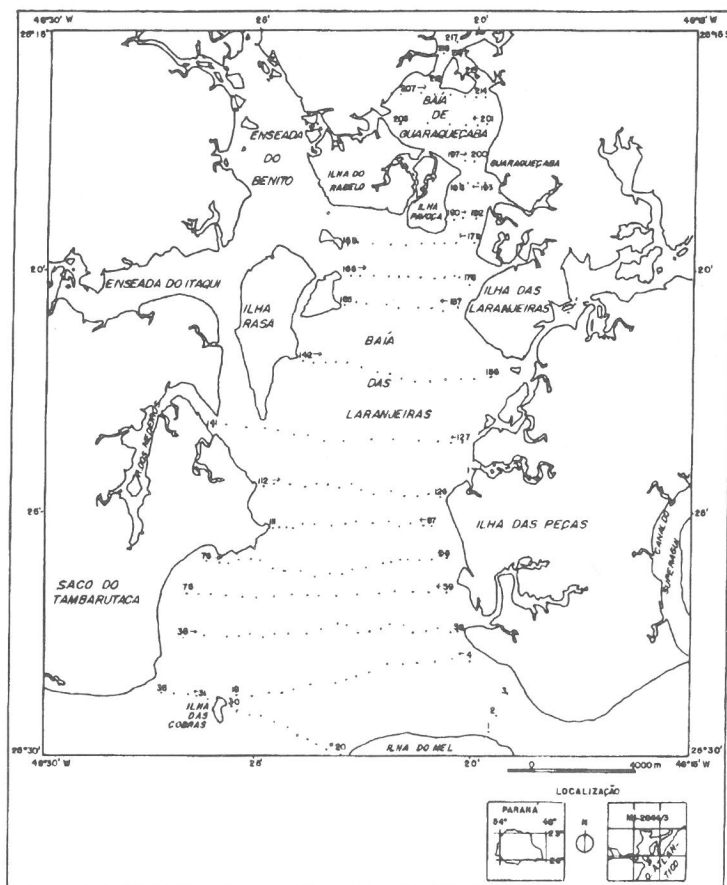


Fig.2

Mapa de pontos das estações de coleta do material sedimentar do fundo. Location map of the stations where bottom sediments were collected.

RESULTADOS

Distribuição de grânulo + areia

Na figura 3 está apresentada a distribuição das frações grânulo + areia. As análises efetuadas revelaram que a composição do fundo da região estudada possui altos teores da fração areia e muito secundariamente da fração grânulo.

Em quase toda a porção sul da Baía das Laranjeiras os teores destes componentes situam-se entre 60 e 90%. Em alguns pontos e na área próxima ao Canal Norte, os teores de grosseiros são mais elevados do que 90%.

No norte do complexo estuarino, este quadro se inverte, havendo o predomínio de baixas porcentagens de areia. A fração grânulo torna-se um pouco mais freqüente, fato que pode ser explicado pela proximidade da Serra do Mar.

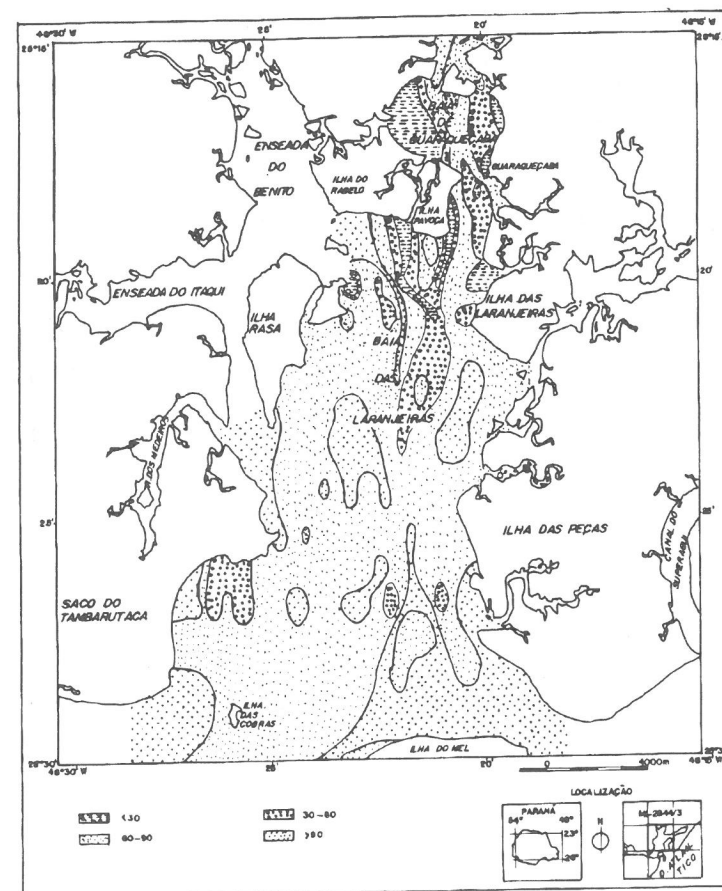


Fig.3

Mapa de distribuição da fração grânulo+areia. Distribution map of the granule-sand content.

Distribuição da fração argila

Na figura 4 pode se observar a distribuição geral da fração argila. Nas regiões adjacentes às Ilhas das Peças, Ilha Rasa, Ilha das Cobras e norte da Ilha do Mel nota-se que o conteúdo em argila está abaixo de 10%, eventualmente atingindo teores entre 10 e 20%. Somente no Saco do Tambarutaca os teores de argila tornam-se maiores do que 30%, por constituir uma área protegida, favorecendo a deposição de finos.

Ao norte a porcentagem de argila torna-se mais elevada, principalmente na Baía de Guaraqueçaba e no sul das Ilhas Pavoçá e Rabelo. Na primeira foram

encontrados os mais altos teores de finos (até 80% de silte + argila), concentrados nos setores oeste e leste da baía. Na região ao sul das Ilhas Pavoçá e Rabelo, já na Baía das Laranjeiras, um extenso baixio de disposição norte-sul é responsável pela maior concentração de finos, cujos teores são um pouco mais baixos do que em Guaraqueçaba.

Relação grânulo + areia/silte + argila

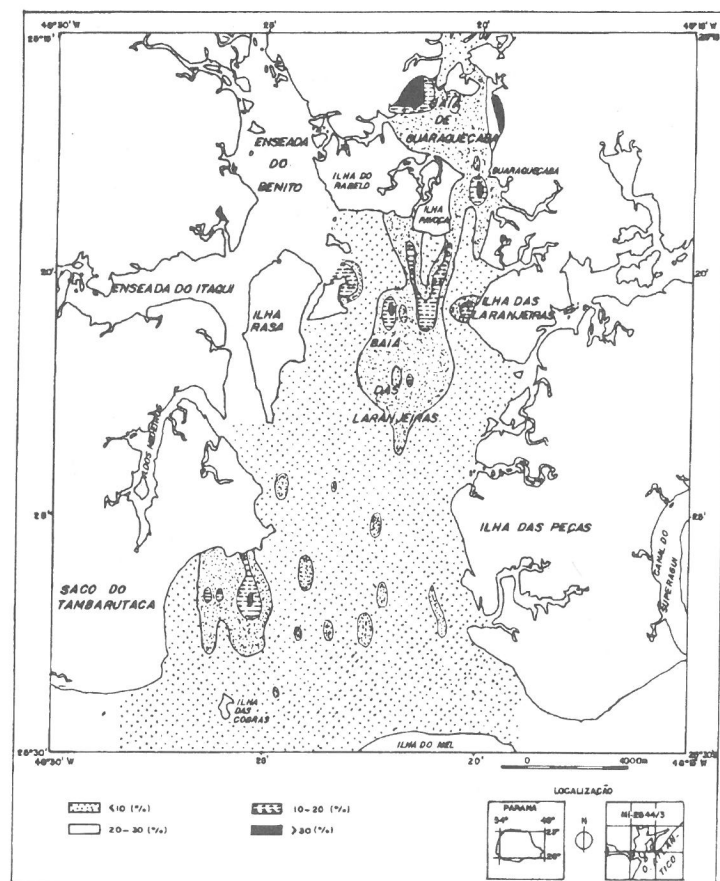


Fig. 4

Mapa de distribuição da fração argila. Distribution map of the clay content.

Esta relação é bastante fornecendo um balanço entre as frações grosseira e fina. Para BIGARELLA *et al.* (1978), a relação revela as energias envolvidas na dinâmica deposicional do ambiente: os valores aumentam nas áreas de maior circulação e diminuem nas de menor movimentação.

Sob este enfoque, observa-se que na porção sul da Baía das Laranjeiras os valores são elevados, normalmente maiores do que 4, indicando zonas de maior movimentação, ou entre 1 e 4 em pontos isolados (figura 5). Valores entre 0 e 0,5 são

característicos da parte norte do estuário, principalmente na porção oeste da Baía de Guaraqueçaba e sul das Ilhas Pavoçá e Rabelo, indicando menor energia de deposição.

Classificação textural

Considerando-se toda a área, verificou-se o predomínio da areia em 73% do total amostrado, seguida pela areia siltica com 11% (figura 6). Os outros tipos que ocorrem com mais de 1% de frequência são a areia argilosa (5%) e silte-argiloso (4%). De forma geral estes grupos expressam a composição textural da área.

Utilizando-se este tipo de classificação torna-se nítida a diferenciação entre a Baía das Laranjeiras e a Baía de Guaraqueçaba: na primeira predomina a areia, ao passo que na segunda foi encontrada uma maior diversidade textural, decorrente da porcentagem de finos mais elevada.

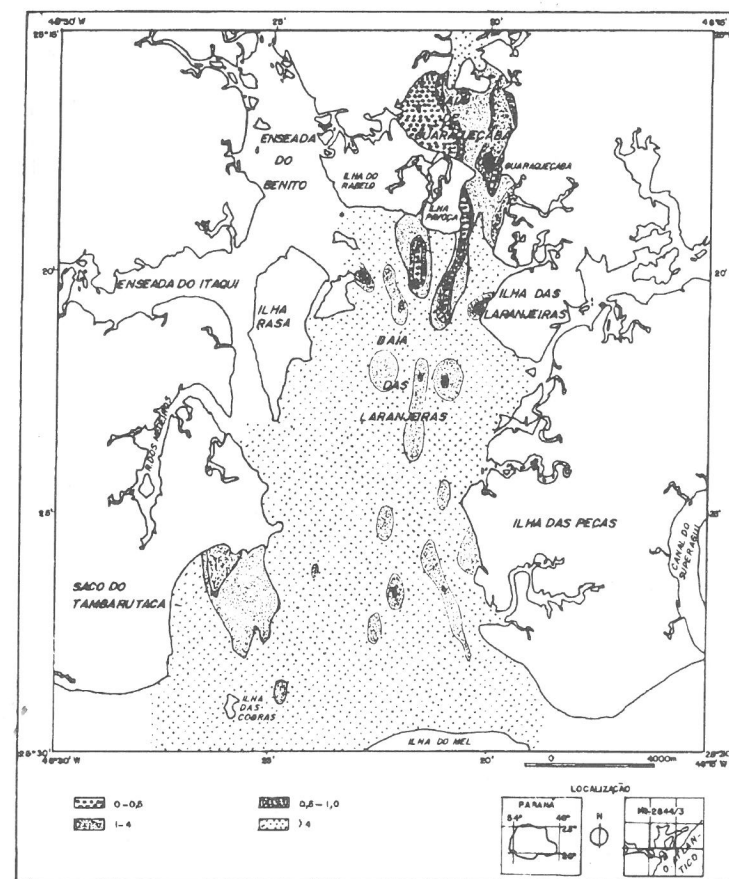


Fig. 5

Mapa de distribuição da relação grânulo+areia/silte + argila. Distribution map of the granule+sand/silt + clay content

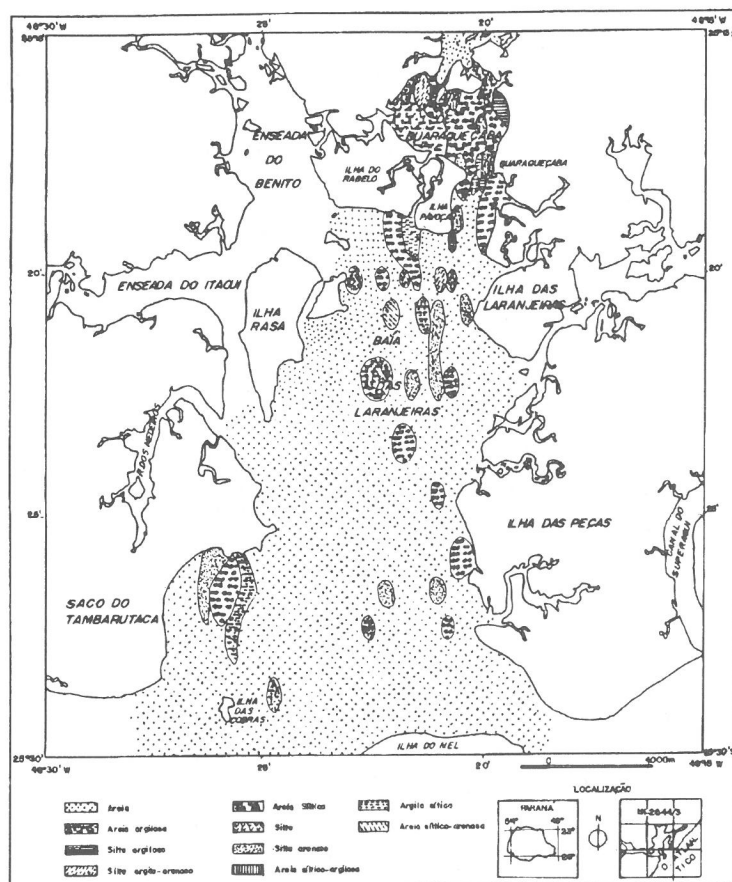


Fig.6

Classificação textural dos sedimentos (classificação de SHEPARD, 1954). Distribution map of the textural sediment classification.

Diâmetro médio e grau de seleção (desvio padrão)

No setor sul da Baía das Laranjeiras observa-se um predomínio de areias finas e areias muito finas, pobremente selecionadas. Entretanto, no Saco do Tambarutaca, o diâmetro médio situa-se nas classes silte e argila, com sedimentos muito pobremente selecionados. Para o norte, o diâmetro médio e grau de seleção diminuem (figuras 7 e 8), sendo que os sedimentos tornam-se cada vez mais finos e a seleção sempre muito pobre. Apenas nos canais de circulação mais profundos, como o Furo de Guaraqueçaba e regiões adjacentes às Ilhas Grande e das Gamelas, é que os sedimentos se assemelham aos descritos na parte sul da Baía das Laranjeiras.

Na Baía de Guaraqueçaba há predomínio do diâmetro médio na classe dos finos, cuja seleção é do tipo muito pobremente selecionada.

Curtose e Assimetria

Entre os valores de curtose, observa-se o predomínio do tipo muito leptocúrtico (70%), seguido em importância pelo tipo muito platocúrtico (19%). Este predomínio em classes opostas é reflexo da diferenciação sedimentológica que ocorre entre os setores do estuário e dos processos que neles atuam. Na Baía das Laranjeiras predomina o tipo muito leptocúrtico. Já na Baía de Guaraqueçaba, onde os sedimentos são heterogêneos, 50% das amostras são platocúrticas a muito platocúrticas e 47% são leptocúrticas a muito leptocúrticas.

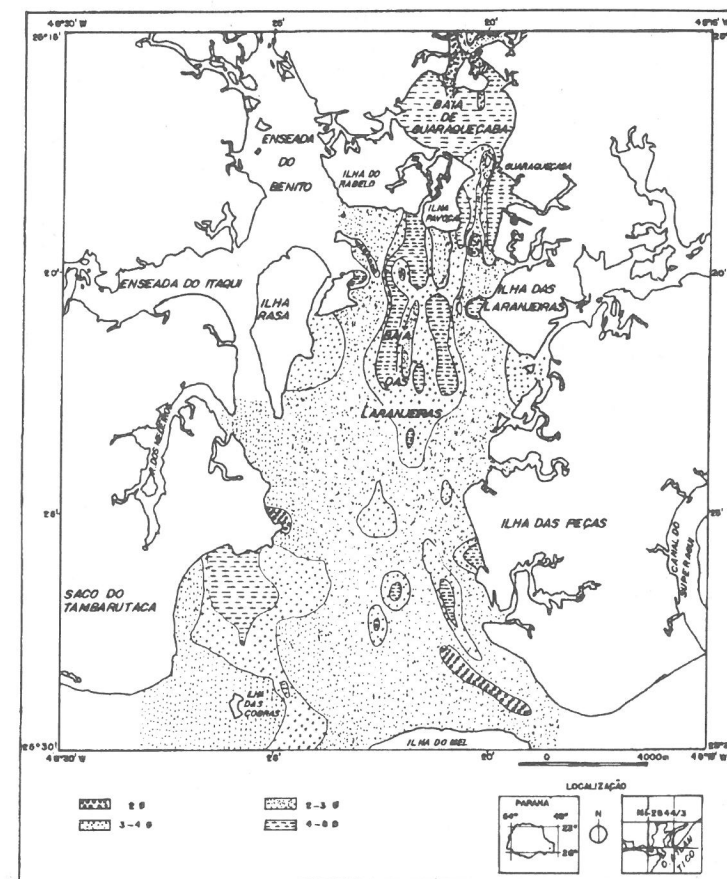


Fig.7

Mapa de distribuição de valores do diâmetro médio (em φ). Distribution map of the sediment mean (φ scale).

Na análise geral da área, prevalecem graus de assimetria muito positiva (63,5%) e positiva (22,5%). No sul da Baía das Laranjeiras estes valores foram da ordem de 69% e 24% para os mesmos intervalos. Este padrão não difere muito para os demais setores do estuário, exceto na Baía de Guaraqueçaba, onde há uma redução para 43% da classe muito positiva.

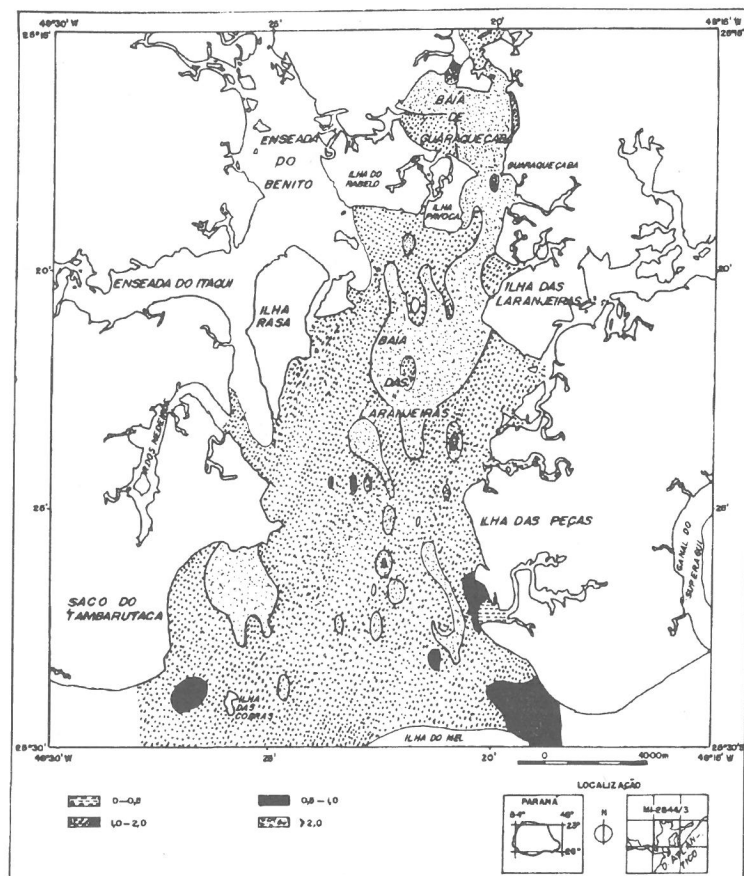


Fig. 8

Mapa de distribuição dos valores do grau de seleção (desvio padrão). *Distribution map of the standard deviation (selection).*

Matéria orgânica e carbonato biodetrítico

Os resultados dos teores de matéria orgânica mostraram que 50% das amostras coletadas possuem menos de 3% deste componente (figura 9). Observa-se uma relação direta com a porcentagem de finos. Assim, o padrão de distribuição da matéria orgânica segue o padrão dos finos, descrito anteriormente, aumentando o teor de sul para norte do estuário. Na Baía de Guaraqueçaba, 50% das amostras contêm mais de 9% de matéria orgânica, sendo que o máximo encontrado foi de 15.6%.

A distribuição de carbonato biodetrítico também apresenta um aumento dos teores de sul para norte, apesar de 90% do total possuírem menos de 1% de carbonato. O máximo encontrado foi de 2,15%, coincidindo com o teor máximo de matéria orgânica.

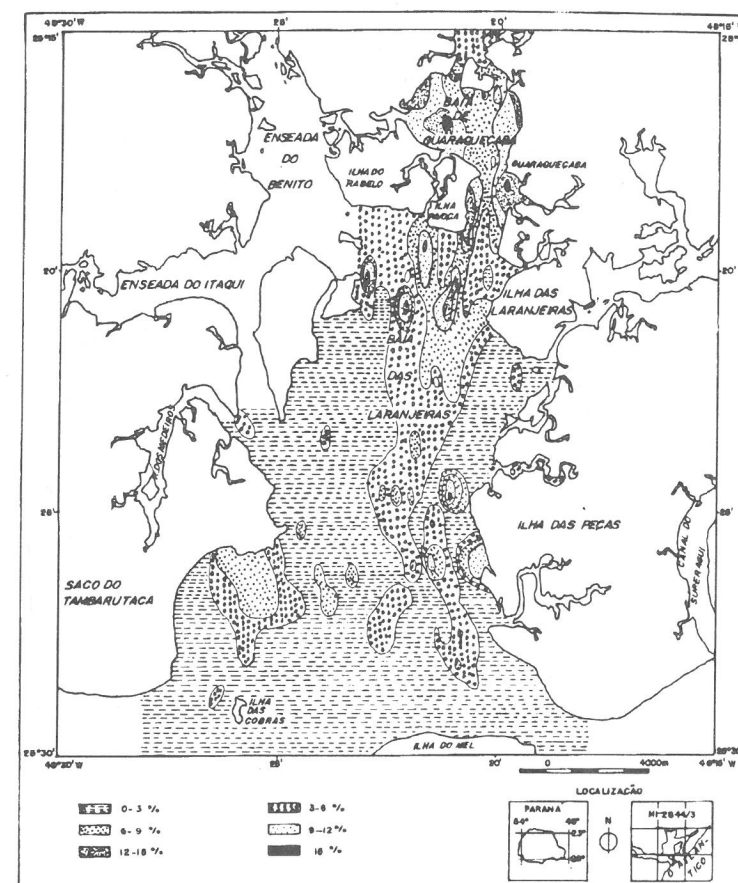


Fig.9

Mapa de distribuição dos teores em matéria orgânica (em %). Distribution map of the organic content on the bottom sediments.

Assembléia de minerais pesados não opacos

Foi registrada a ocorrência de 16 tipos de minerais pesados não opacos: alanita, anatásio, andaluzita, biotita, cianita, clorita, epidoto, estauroлита, granada, hiperstênio, hornblenda, monazita, rútilo, sillimanita, turmalina e zircão (figura 10).

Destes minerais, apenas seis (estaurolita, hornblenda, rútilo, sillimanita, turmalina e zircão) aparecem em 50% das amostras.

Com relação ao padrão de distribuição, a hornblenda foi a que mostrou maior diferenciação de sul para norte, ou seja, a porcentagem de ocorrência aumenta neste sentido, indicando ser o fornecimento deste mineral proveniente dos segmentos do norte do complexo, como a Baía de Guaraqueçaba e as enseadas do Itaqui e Benito.

Outros minerais como a turmalina, andaluzita, estaurolita e cianita mostraram um padrão de distribuição inverso ao da hornblenda, diminuindo as suas porcentagens de sul para norte.

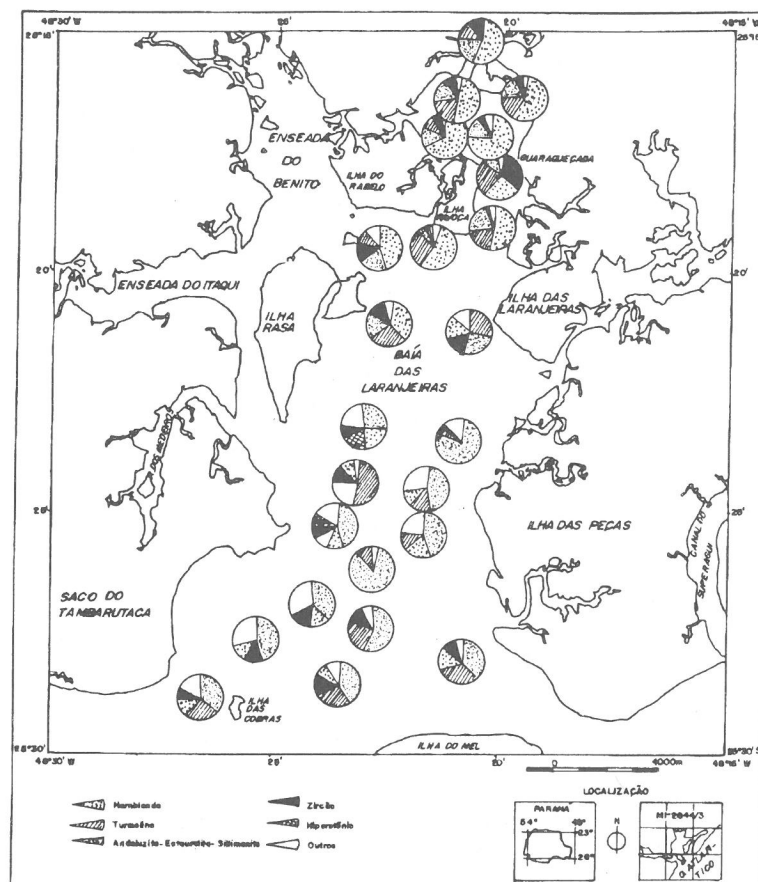


Fig.10

Mapa de distribuição dos minerais pesados não opacos. Distribution map of non-opaque heavy minerals.

DISCUSSÃO

A Baía de Paranaguá compreende um grande estuário, com setores internos menores, cuja multiplicidade de canais em sua desembocadura é marcante. As três entradas existentes fazem comunicação com setores internos distintos, que também se interligam.

Ao Canal da Galheta corresponde o contato entre o oceano e a Baía de Paranaguá propriamente dita. Já o Canal Norte responde pelo contato tanto da Baía das Laranjeiras como pela de Paranaguá propriamente dita, esta última através de um pequeno canal que contorna o norte da Ilha do Mel (figura 1).

O terceiro canal de entrada do complexo é denominado de Superagui, o qual faz contato com a Baía de Pinheiros, um sistema distinto dos outros dois troncos principais. Pinheiros faz contato praticamente só com o oceano, pois sua relação com a das Laranjeiras é por um canal pequeno e pouco profundo que contorna o norte da Ilha das Peças.

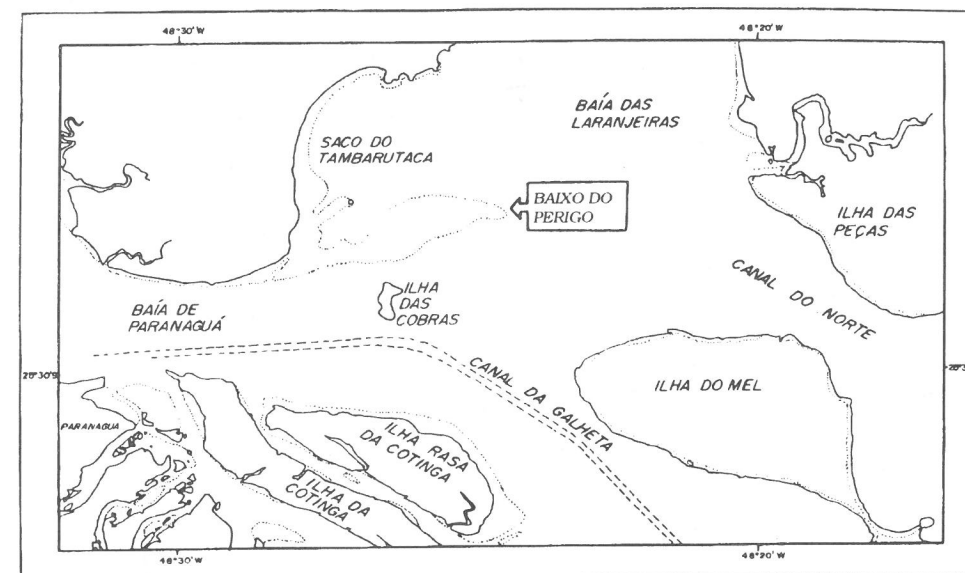


Fig.11

Configuração geral do Baixo do Perigo. General configuration of the "Baixo do Perigo".

Entre a Baía de Paranaguá propriamente dita e a Baía das Laranjeiras há um amplo espaço de 11 km, situado entre o sul do Saco do Tambarutaca e o oeste da Ilha das Peças. Em função da disposição geral destas e do fato da maré vazante possuir maior energia do que a enchente, um grande banco ou baixo arenoso (região com pouca profundidade, figura 11) vem sendo formado na zona de encontro, como verificado nas cartas náuticas e denominado por Baixo do Perigo. A configuração deste corpo sugere que o mesmo constitui uma barreira entre os dois sistemas, existindo pouca influência entre um e outro. Provavelmente o baixo permite pouca mistura dos sedimentos de fundo entre uma baía e outra.

A constituição granulométrica do Baixo do Perigo, emerso parcialmente durante as marés mais baixas, não difere das demais regiões localizadas no sul do estuário.

Deve-se destacar a independência dos setores quanto ao recebimento de sedimentos por parte das áreas fontes, ou seja, em cada um dos troncos principais desaguiam bacias hidrográficas distintas. A quantidade de minerais pesados decresce para o sul, sendo que a hornblenda evidencia bem esta distribuição. BIGARELLA et al. (1978) atribuiu um retrabalhamento do material das restingas para explicar a composição do fundo dos setores mais próximos ao mar aberto, hipótese não afastada neste trabalho. Em alguns trechos, porém, há influência do material provindo diretamente da Serra, tendo como exemplo a região do Saco do Tambarutaca. Também não está definida a quantidade e qualidade dos sedimentos que adentram no estuário provindos da plataforma adjacente nos períodos de preamar ou de maré enchente, e se esta contribuição é significativa. A tendência das áreas estuarinas, de uma forma geral, é a de levar material para o oceano, fato ocasionado pela maré vazante mais forte.

Tendo-se em vista que há uma independência das áreas fontes, dos canais de acesso com o oceano adjacente e da própria forma dos segmentos, pode-se deduzir que os processos hidrodinâmicos do complexo estuarino são distintos em cada um dos segmentos.

Com relação às Baías das Laranjeiras e de Guaraqueçaba, a entrada de sedimentos ocorre nas porções mais internas do complexo, onde desagüam os rios da bacia hidrográfica das Laranjeiras. O material ali depositado é bastante heterogêneo, fato que resulta numa grande diversidade textural, fortemente influenciada pela presença de finos. Os sedimentos são na sua maior parte platicúrticos, caráter resultante de mistura de populações. O grau de seleção é muito baixo, evidenciando que os grãos sofreram pouco transporte desde a sua remoção da área fonte até atingirem o estuário, pois no norte as características texturais dos sedimentos parecem refletir muito mais as condições continentais pretéritas do que a marinha atual, cujo principal agente são as correntes de maré. Isto pode ser evidenciado pelos parâmetros estatísticos de FOLK & WARD (1957), principalmente o diâmetro médio, indicativo de fontes locais.

Uma das principais feições responsáveis pela distribuição de sedimentos em estuários é a denominada zona de máxima turbidez, mais efetiva em locais de meso e macromarés. Esta feição resulta da capacidade do fluxo energético da maré em manter altas concentrações de sedimentos em suspensão a montante do estuário (associada à presença de uma cunha salina), maiores do que nos rios e do que no oceano. A metodologia utilizada neste estudo, empregando uma draga busca-fundo, não permite delimitar exatamente a zona de máxima turbidez, mas pode-se detectar a sua influência a partir da maior ocorrência de finos no material sedimentar do fundo. Isto acontece ao norte da Ilha Rasa e das Laranjeiras no extenso baixio situado próximo às Ilhas Pavoçá e Rabelo, onde ainda aparecem lentes arenosas, provavelmente ligadas a pequenos canais de circulação.

A constituição arenosa fina e muito fina é típica do sul do estuário, correspondendo ao fundo do setor designado como oriental no estudo de BIGARELLA *et al.* (1978). Os parâmetros estatísticos desta porção diferem consideravelmente dos ocorrentes na parte norte do complexo. A partir deste quadro geral, pode-se concluir que no sul e no norte os processos hidrodinâmicos possuem diferentes intensidades. No sul, mais próximo ao oceano adjacente, os sedimentos não contêm finos, provavelmente retirados pelo processo de "winnowing", citado por FÚLFARO & PONÇANO (1976), indicado pela assimetria.

As pequenas lentes existentes e a maior deposição de finos no Saco do Tambarutaca poderiam ser explicados pela entrada de sedimentos pelo lado oeste da Baía das Laranjeiras, a partir dos locais designados por Rio dos Medeiros e Enseada do Itaquí, com uma certa contribuição ainda da Enseada do Benito. Os sedimentos daí providos não entram diretamente na Baía das Laranjeiras, atingindo-a somente no sul, pois há como anteparo a Ilha Rasa. As correntes de maré existentes neste setor acabam por redistribuir aquele material, explicando a existência de silte e argila numa área tipicamente composta por areias finas e muito finas, assimetricamente positivas, leptocúrticas e com baixas porcentagens de matéria orgânica, carbonato de cálcio e minerais pesados.

Na parte norte das Laranjeiras, onde pode ocorrer a máxima turbidez, os sedimentos não mostram um padrão tão característico como no sul. O material deste setor deposita-se preferencialmente num baixio ao sul das Ilhas Pavoçá e Rabelo, cujos fornecedores são a Baía de Guaraqueçaba e a Enseada do Benito. As porcentagens de finos, matéria orgânica, carbonato biotritico e minerais pesados são mais elevados do que no sul. Devem atuar neste caso processos mistos, ou seja, correntes

de maré e correntes fluviais residuais, estas últimas talvez só em períodos de grande descarga. A granodecrescência rumo à montante, feição característica dos estuários mencionada anteriormente, é mostrada na figura 12.

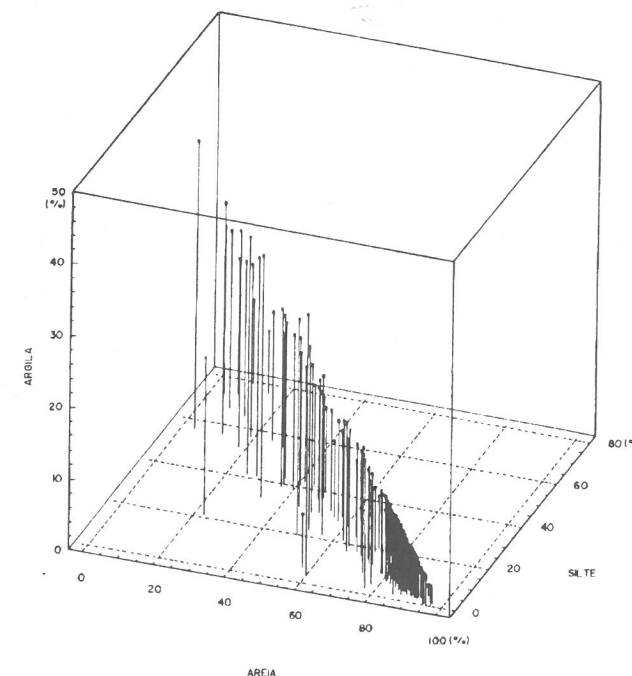


Fig. 12

Projeção tridimensional dos teores de areia, silte e argila para todas as estações de coleta. *Three-dimensional projection of sand, silt and clay content for all research stations.*

Já a Baía de Guaraqueçaba possui características sedimentológicas distintas das descritas anteriormente, por receber diretamente os sedimentos providos da Serra do Mar. Nesta área também deve ser considerada a presença de maior desenvolvimento dos manguezais, que detêm grande parte do material trazido por tração, atuando como um verdadeiro filtro. Este fato já foi evidenciado por FÚLFARO & PONÇANO (1976) para a Baía de Santos. A elevada porcentagem de matéria orgânica no fundo poderia estar ligada à exportação deste componente a partir daquela vegetação.

CONCLUSÕES

- Nas regiões adjacentes ao oceano aberto predominam as frações arenosas, ao passo que nas porções interiores predomina a argila, evidenciando um padrão de distribuição dos sedimentos de fundo quanto à sua composição granulométrica, com uma granodecrescência para as porções mais internas do estuário;

- A maior presença de finos encontra-se na porção mediana do estuário (ao norte da Ilha Rasa), provavelmente relacionada à região de máxima turbidez;

- deve haver pouca troca de sedimentos de fundo entre os dois troncos principais do complexo estuarino (Baía de Paranaguá propriamente dita e Baía das Laranjeiras) devido à presença do Baixio do Perigo;

- há uma independência entre os troncos principais do complexo no que diz respeito às áreas fontes, ou seja, em cada segmento desaguiam bacias hidrográficas distintas, havendo também retrabalhamento das restingas em cada uma das partes.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho é resultado de uma dissertação de mestrado apresentada à UNESP - Universidade Estadual Paulista (Campus de Rio Claro). Os autores agradecem aos Profs. Rodolfo José Angulo (Depto. de Geologia - UFPR) e Paulo da Cunha Lana (Centro de Estudos do Mar - UFPR) pelo incentivo e apoio no decorrer deste trabalho. A colaboração dos funcionários do Centro de Estudos do Mar foi imprescindível, em especial aos barqueiros Abrão Campos e Carlos Serafim, bem como a participação dos funcionários da UNESP, destacando-se o trabalho de Darlene de Cássia Ambrust (UNESP) na confecção das análises granulométricas.

Este trabalho foi possível pelo apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (proc. 87/2519-7) e ao Projeto PADCT - II BID/FINEP/FUNPAR (Evolução Geológica e Mineralizações) do Depto. de Geologia da UFPR (convênio 65.91.03.03.00).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, C. F. *Caracterização biossedimentológica quantitativa do sistema estuário-manguezal da Baía de Guaratuba, PR*. São Paulo, 1991. Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências da USP para a obtenção do título de mestre, 112p, inédito.
- BIGARELLA, J. J. A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná ... um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional). Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento - Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA), Curitiba, 1978. 248 p.
- _____. ; ALESSI, A. H. ; BECHER, R. D. ; DUARTE, G.M. Natureza dos sedimentos de fundo das Baías de Paranaguá e Antonina (1). Curitiba, *Revista do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas*, n.15, p.30-33, 1970.
- CAMERON, W. M. ; PRITCHARD, D. W. Estuaries. In: *The sea*, New York : John Wiley & Sons, M.N. Hill, v.2, 1963. p. 306-324.
- CARVER, R. E. *Procedures in sedimentary petrology*. New York : Wiley-Interscience, 1970. 653p.
- DEAN, W.E. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.44, n.2, p. 242-248, 1974.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. Folha Guaraqueçaba 1971 (carta topográfica SG.22-D-III-3, escala 1:50.000).
- DUARTE, V. M. ; RIDEG, P. ; SANTOS, L. A. C. B. ; READES, D. W. Geotecnica aplicada a portos em regiões sedimentares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. (1.: 1976 : Rio de Janeiro), *Anais...* Rio de Janeiro, ABGE, 1976. v.2, p. 151-159.
- DYER, K. R. (Ed.) *Estuarine hydrography and sedimentation*. Cambridge : Cambridge University Press, 1979. 228 p.
- _____. *Coastal and estuarine sediment dynamics*. Chichester: John Wiley & Sons, 1986. 342 p.
- FAIRBRIDGE, R. W. The estuary: its definition and geodynamic cycle, In: OLAUSSON, E. ; CATO, I. *Chemistry and biogeochemistry of estuaries*. New York : John Wiley & Sons, 1980. p. 1-35.
- FOLK, R. L. ; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, n.1, p.3-27, 1957.
- FÚLFARO, V. J. ; PONÇANO, W. L. Sedimentação atual no estuário e Baía de Santos: um modelo geológico aplicado a projetos de expansão da zona portuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, (1.: 1976: Rio de Janeiro). *Anais...* Rio de Janeiro, v. 2, 1976, p. 67-90.
- _____. ; _____. ; GIMENEZ, A. F. Sobre o significado de depósitos argilosos no estuário santista: contribuição ao estabelecimento de um modelo de sedimentação na área de interesse do Porto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, (1.: 1976: Rio de Janeiro) *Anais...* Rio de Janeiro, ABGE, v.2, 1976, p. 141-149.
- _____. ; _____. ; AZEVEDO, L. R. C. Sedimentação atual na foz do Rio Potengi, Rio Grande do Norte: subsidio ao planejamento da ampliação do porto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, (2.: 1978 : São Paulo). *Anais...* São Paulo, v.2, 1978, p. 85-110.
- INPH - Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias. 1988. Relatório de apresentação das medições meteorológicas observadas em Pontal do Sul - Paranaguá, período setembro/1982 a dezembro/1986 (inédito).
- KNOPPERS, B. A. ; BRANDINI, F. P. ; THAMM, C. A. Ecological studies in the Bay of Paranaqua II - some physical and chemical characteristics. Pontal do Sul, *Nerítica*, v.2, n.1, p.1-36, 1987.
- KUTNER, A. S. Granulometria dos sedimentos de fundo da região de Cananéia, SP. São Paulo, *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, v.11, n.2, p.41-54, 1962.
- _____. Levantamentos sedimentológicos de apoio na pesquisa e reconhecimento de áreas portuárias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, (1.: 1976 : Rio de Janeiro). *Anais...* Rio de Janeiro, ABGE, 1976, v.2, p. 47-65.
- LIMA, M. R. ; ANGULO, R. J. Descoberta de microflora em um nível linhítico da Formação Alexandra, Terciário do Estado do Paraná, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.62, n.4, p.357-371, 1989.
- MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba : BDP/UFPR/IBPT, 1968. 350p.
- MAGLIOCCA, A. ; KUTNER, A. S. Sedimentos de fundo da Enseada do Flamengo-Ubatuba. *Oceanografia Física*, 1976, n.8, 14 p. (contribuições avulsas do Instituto Oceanográfico da USP).
- MAHIQUES, M. M. *Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da Baía de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro*, 1987. Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da USP para a obtenção do título de mestre em Oceanografia Física, 2 v., inédito.
- PERILLO, G. M. E. New geodynamic definition of estuaries. *Revista Geofísica*, v.31, p.281-287, 1989.
- PONÇANO, W. L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, v.16, n.2, p.157-70, 1986.
- _____. ; FÚLFARO, V. JH. Sedimentação atual nas adjacências da Ponta de Itaipu e Baía de Santos: implicações na escolha de locais de lançamento do material dragado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, (1.: 1976: Rio de Janeiro) *Anais...* Rio de Janeiro, ABGE, 1976, v.2, p. 91-110.
- _____. ; GIMENEZ, A. F. Sobre o padrão de circulação do estuário santista. *Revista Brasileira de Geociências*, v.15, n.4, p.317-21, 1985a.
- _____. ; _____. Variações de fácies granulométricas dos sedimentos de superfície de fundo da Baía de Santos. *Revista Brasileira de Geociências*, v.15, n.4, p.322-24, 1985b.
- _____. ; _____. Reconhecimento sedimentológico do Estuário do Itajaí-Açú (SC). *Revista Brasileira de Geociências*, v.17, n.1, p.33-41, 1987.
- _____. ; _____. ; FÚLFARO, V. J. Sedimentação atual na Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro: contribuição à avaliação de viabilidade geotécnica da implantação de um porto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, (1.: Rio de Janeiro) *Anais...* Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p. 111-139.
- SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.24, n.3, p.151-158, 1954.
- SILVEIRA, J. D. Morfologia Litorânea. In: AZEVEDO, A. *Brasil: a terra e o homem*. São Paulo : Nacional, 1964. v.1, p. 253-305.

TESSLER, M. G. *Sedimentação atual na região lagunar de Canaéia-Iguape, Estado de São Paulo*. 1982. Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de mestre, 110p, inédito.

O Problema De Assoreamento Da Marina Do Sol, Baía De Guaratuba (PR)

*The silting problem at "Marina do Sol"
harbor, Guaratuba Bay (PR)*

Carlos Roberto Soares*
Ricardo de Camargo**
Eduardo Marone**

RESUMO

Este trabalho visa analisar o problema de assoreamento na Marina do Sol, localizada na Baía de Guaratuba (figuras 1 e 2), no sul do litoral do Estado do Paraná (Brasil). A marina foi construída em 1989 e desde então verificou-se um processo de assoreamento. Conseqüentemente, a profundidade do local diminuiu e os barcos de maior calado não puderam mais ser atracados nas vagas de seus respectivos proprietários.

Para investigar o problema de assoreamento e propor soluções, foram efetuadas vistorias nas obras de engenharia adotadas na construção da marina (figuras 3, 5 e 6), além de terem sido elaborados mapas de distribuição do teor em areia, silte e argila dos sedimentos de fundo (figuras 4, 9, 10 e 11) e um mapa batimétrico local (figuras 4 e 8). Tendo em vista o interesse dos administradores locais em obter previsões de maré para a Baía de Guaratuba, área não contemplada nas Tábuas de Maré editadas pela Marinha Brasileira, foi efetuada uma análise do comportamento das marés locais, baseada em 61 dias de observação contínua (figura 7), a partir de uma régua de maré instalada no local. Onze amostras de sedimentos de fundo foram coletadas (figura 4) com busca fundo do tipo Van-Veen, tendo-se analisado a fração fina (silte e argila, por pipetagem) e grosseira (areia, por peneiramento), cujos limites são respectivamente abaixo e acima de 0.062 mm. Dos parâmetros estatísticos sedimentológicos foram calculadas a média e o desvio padrão (grau de seleção). Com base nestes resultados foram elaboradas as seguintes cartas temáticas: distribuição da % de areia (figura 9), % de silte (figura 10), % de argila (figura 11), relação areia/silte+argila (figura 12), média (figura 13) e grau de seleção (figura 14).

Os trabalhos e vistorias efetuadas no local permitiram indicar que o transporte pelas correntes de maré dentro da marina, o sistema de drenagem adotado no local e o tipo de construção são as principais causas do assoreamento (figura 15). A estrutura de concreto (ou cortina) empregada na construção da marina foi edificada até o fundo, provocando o bloqueio do transporte sedimentar, acabando por capturar os sedimentos transportados pelas correntes locais. O padrão de redistribuição destes sedimentos dentro da piscina da marina foi retratado nos mapas dos teores de areia, silte e argila, havendo um predomínio de areia (> 0.062 mm) na boca da marina e uma dispersão a partir deste ponto, no sentido anti-horário. Maiores concentrações da fração de finos (silte+argila) ocorrem na frente da sede social e na zona de sobra da boca da marina. Por acumular as frações finas (silte+argila), o setor oeste da piscina da Marina do Sol é o setor de

* Laboratório de Oceanografia Geológica - Centro de Estudos do Mar/UFPR

** Laboratório de Física Marinha - Centro de Estudos do Mar/UFPR