

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Dinâmica Sedimentar da Parte Oriental da Baía de Paranaguá, Brasil

Iran Carlos Corrêa, Ricardo Baitelli, João Marcelo Ketzer, Rodrigo Martins, Fábio Das Neves Leite
Pesquisas em Geociências, 18 (2): 128-137, Set./Dez., 1991.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21351>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos **UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Set./Dez., 1991.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Dinâmica Sedimentar da Parte Oriental da Baía de Paranaguá, Brasil

IRAN CARLOS S. CORRÊA¹, RICARDO BAITELLI², JOÃO MARCELO KETZER¹,
RODRIGO MARTINS¹ e FÁBIO P. DAS NEVES LEITE¹

¹ CECO, Instituto de Geociências, UFRGS. Caixa Postal 15001. CEP 91500 Porto Alegre, RS, Brasil

² CENTRO TECNOLÓGICO, UNISINOS. Caixa Postal 275. CEP 93020 São Leopoldo, RS, Brasil

(Recebido em 02/10/91. Aceito para publicação em 05/02/92)

Abstract — Through a multivariate discriminatory analysis associated to the morphology and sedimentary distribution of the oriental portion of Paranaguá Bay, it was possible to establish the sedimentary dynamics that acts on it. This dynamic behaviour differs in the West portion of the Bay and Southeast from Cobras Island. The general pattern of sedimentation in Paranaguá Bay shows that its sediments come from a fluvial contribution, erosion from local banks, its own basement, and mouth, and from continental shelf through currents flow or wave action.

Resumo — A partir da análise discriminatória multivariada, associada à morfologia e à distribuição sedimentar da parte oriental da Baía de Paranaguá, foi possível estabelecer a dinâmica sedimentar atuante na mesma. Essa dinâmica comporta-se diferentemente na parte a Oeste e a Sudeste da Ilha das Cobras. O modelo geral da sedimentação, na Baía de Paranaguá, nos mostra que seus sedimentos provêm do aporte fluvial, da erosão local de bancos, da erosão do próprio substrato e em sua entrada; da plataforma continental através das correntes e ou ondas.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho é resultado dos estudos efetuados pelos autores na parte oriental da Baía de Paranaguá, desenvolvido junto ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica — CECO do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

As amostras utilizadas fazem parte do Projeto DHN/CECO e foram coletadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil durante as Operações LH-014/75 e LH-009/79.

O objetivo do trabalho é o de apresentar a distribuição dos sedimentos superficiais e sua relação com a morfologia submarina da parte oriental da Baía de Paranaguá, bem como a dinâmica atuante, contribuindo desta maneira para o melhor conhecimento geológico dos ambientes litorâneos modernos.

Os resultados obtidos foram embasados nas análises granulométricas, associados à dinâmica e morfologia do fundo.

GENERALIDADES

As baías são corpos de águas rasas e salobras que se situam nas desembocaduras de vales fluviais afogados. Este afogamento pode ter sido ocasionado por uma subsidência do continente ou pela elevação do nível do mar.

A parte oriental da Baía de Paranaguá, entre Paranaguá e a Ilha do Mel, apresenta uma extensão de aproximadamente 25 km e uma largura de 3,6 km perfazendo, no total estudado, uma área de 90 km².

Esta área encontra-se inserida em uma planície sedimentar quaternária, na qual se dispersam elevações

formadas por rochas cristalinas de idade pré-cambriana.

O aporte fluvial mais importante para esta baía é feito pelos rios Cachoeira, Nhundiaquara e Faisqueira, todos com deságüe na parte mais oeste da baía.

A Baía de Paranaguá sofre a influência do oceano através da barra sudeste, localizada entre o Pontal do Sul (Ilha Guaraguaçu) e a Ponta Encantada (Ilha do Mel) (Figs. 1 e 2).

A amplitude média da maré é de 0,88 m, apresentando valores máximos (0,98 m) na parte oeste e valores mínimos (0,79 m) na parte leste da baía. Esta é do tipo semi-diurna com desigualdades diurnas e com uma maré secundária de três horas de semi-período entre as sizígias e quadraturas (DHN, 1985).

A velocidade do fluxo de vazante é superior a do fluxo de enchente. Isto é devido a um represamento das águas fluviais durante a preamar.

Com os dados disponíveis (DHN, 1985) pôde-se estimar o valor da velocidade média para estas correntes; durante a maré enchente o valor é de 1,8 nós nas sizígias e de 0,3 nós nas quadraturas, durante a maré vazante o valor varia de 2,7 nós nas sizígias e de 0,5 nós nas quadraturas.

A temperatura média anual do ar é de 21,1 °C, a precipitação é de 2.000 mm por ano e o clima pode ser classificado como "Tropical de Transição" (Maack, 1981).

O regime de chuvas e os ciclos de marés têm grande importância sobre os diversos fatores físico-químicos que atuam na baía, ocasionando a formação de um gradiente hidrográfico horizontal direcionado da barra para as regiões mais internas, apresentando variações diárias de maior amplitude no verão (estação chuvosa) e mais estáveis no inverno (estação seca).

As áreas mais internas, afetadas pelo aporte fluvial, apresentam maiores variações do que as áreas pró-

ximas às barras, influenciadas pela água do mar adjacente (CBM-UFPR, 1986).

A situação das Ilhas de Superagui, Peças e do Mel juntamente com o deságüe das bacias hidrográficas a oeste; relevo topográfico da costa em região de clima tropical, favorecem o desenvolvimento de manguezais em quase toda a orla do Complexo Baía de Paranaguá.

A vegetação marginal dominante é o "mangue vermelho" (*Rhizophora mangle*). Essa vegetação forma um intrincado sistema de raízes que contribui pa-

ra o acúmulo de sedimentos e serve ainda como anteparo à força das marés e das ondas, atenuando o poder erosivo.

A Baía de Paranaguá, em seu complexo, formou-se a partir da elevação do nível do mar que teve lugar após a última glaciação pleistocênica.

A profundidade média é de cerca de 5 metros. Profundidades entre 5 e 21 m predominam ao longo do eixo longitudinal mediano da Baía (Fig. 1).

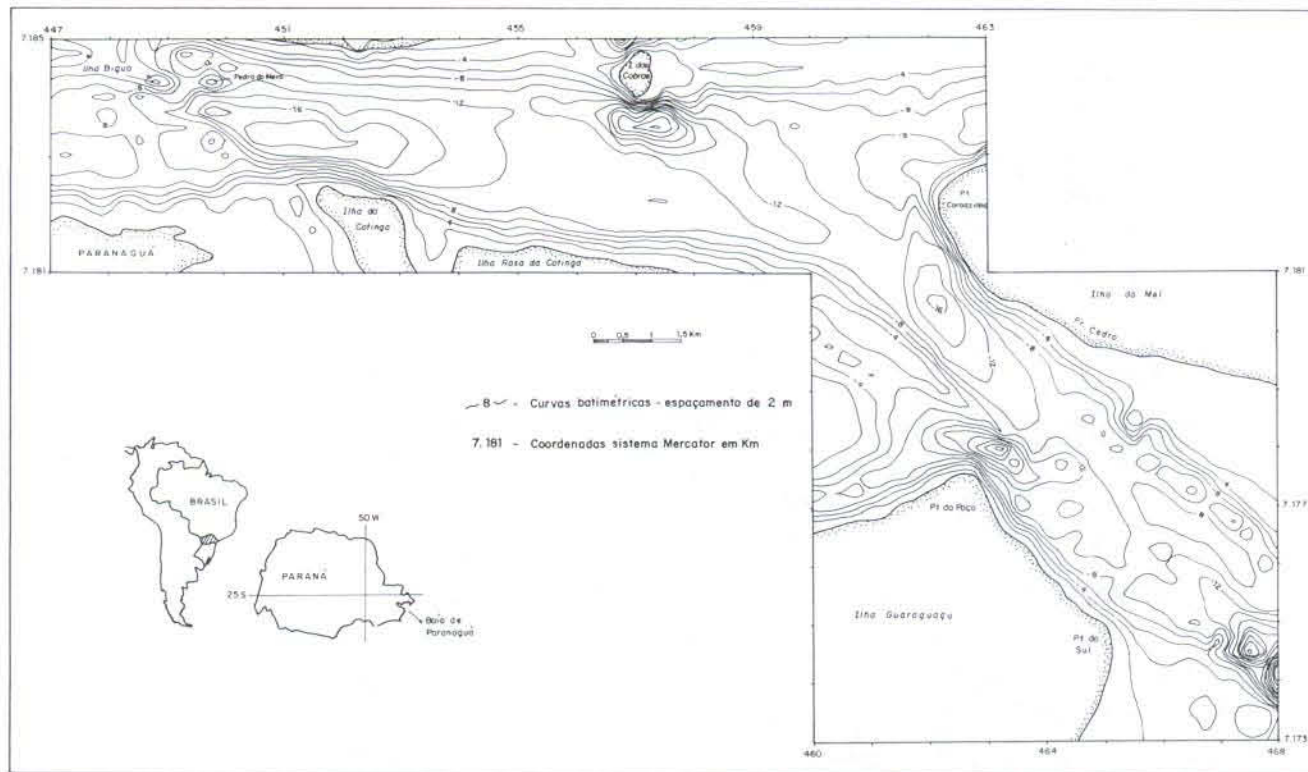


Figura 1 — Carta de localização e batimétrica da porção oriental da Baía de Paranaguá.

DINÂMICA AMBIENTAL

A circulação estuarina é caracterizada por padrões de fluxo estratificado, os quais tendem a reter os sedimentos transportados pelos rios e a carrear para dentro do estuário ou baía os sedimentos detríticos marinhos (Guilcher, 1967; Morton, 1972). As águas salinas, por serem mais densas, fluem em direção ao continente, por baixo da camada de água fluvial, as quais são menos densas, produzindo uma coluna de água estratificada.

Durante os períodos de maré alta e nas áreas onde a ação das marés é moderada, a circulação estuarina é restrita às partes mais internas da baía, enquanto que na parte externa a massa d'água será homogênea e onde predominarão os processos ligados a marés e ondas geradas por ventos (Postma, 1967; Meade, 1972).

Nos ambientes de baías ou estuários as correntes de maré e as correntes fluviais residuais são as únicas capazes de erodir e transportar material de fundo.

A penetração da maré dinâmica, durante a prea-

mar, produz a elevação do nível das águas na baía em direção a montante bloqueando desta maneira as águas fluviais. Com a maré vazante as águas marinhas retiram-se e liberam as águas fluviais que fluem com energia muito maior em direção ao mar. Desta maneira são originadas as correntes de descarga, cuja importância depende do volume das águas fluviais bloqueadas, da amplitude das marés e das condições topográficas de fundo.

Na Baía de Paranaguá, estas correntes atingem velocidades de 2,7 nós nas marés de sizígias e 0,5 nós nas marés de quadraturas.

MORFOLOGIA DE FUNDO

A carta batimétrica (Fig. 1) nos mostra que a porção norte da Baía de Paranaguá apresenta uma superfície de fundo suavizada, cuja profundidade, ao norte da Ilha das Cobras e a noroeste da Ilha do Mel, é inferior a 6 metros. A nordeste da Ilha das Cobras observa-se a presença do Baixio do Perigo, cuja profundi-

de é inferior a 1 metro. Ao sul desta mesma ilha a profundidade é maior, atingindo os 27 metros.

A parte central da baía é formada por um canal de direção EW, que vai desde Paranaguá até a Ilha Rasa da Cotinga, onde este se inflete para SE até alcançar a plataforma continental.

A oeste da Ilha das Cobras, em direção a Paranaguá, as curvas batimétricas mostram uma distribuição mais regular em relação a um canal central cuja profundidade pode chegar aos 20 metros.

Na altura das Ilhas das Cobras e Rasa da Cotinga,

o canal inflete para SE e apresenta na margem NE da Ilha Rasa da Cotinga uma declividade mais suave do que na margem oposta, na Ilha do Mel. A situação inverte-se a medida que nos deslocarmos em direção ao "inlet" da baía onde a situação inverte-se novamente ao atingir a plataforma continental (Corrêa, 1988).

Na porção mais oeste da baía a morfologia do fundo é mais simétrica do que assimétrica, desconsiderando-se a área dragada do porto.

Oito perfis batimétricos (Fig. 3), foram traçados a partir da carta batimétrica (Fig. 2).

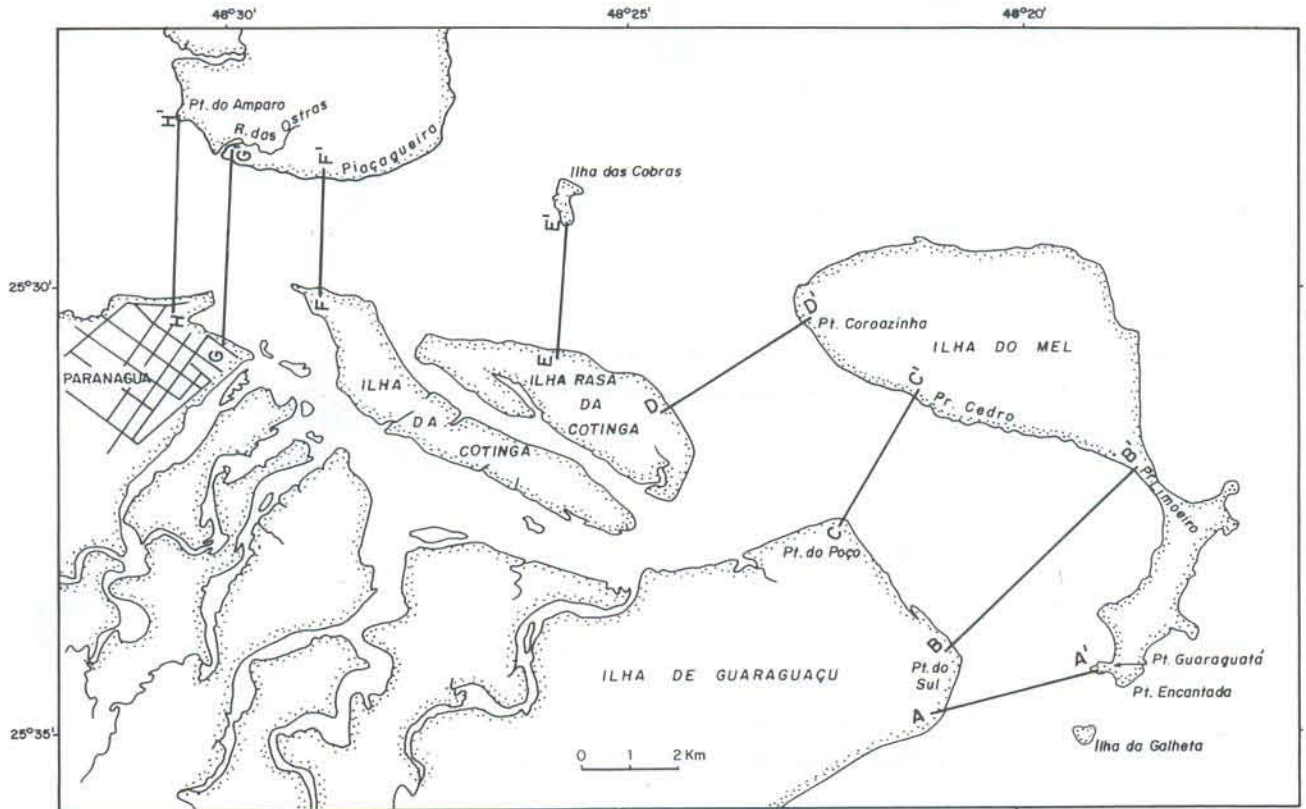


Figura 2 — Carta de localização dos perfis batimétricos.

O perfil A-A' localizado no "inlet" da baía apresenta-se raso no lado WSW onde se forma o Banco da Galheta, aprofundando-se em direção ENE, apresentando declividade acentuada junto a Ponta de Caraguatá (Ilha do Mel).

O Banco da Galheta é formado de areias quartzosas associadas a material biodetrítico. Estas areias foram transportadas pela deriva litorânea e retrabalhadas pela ação das ondas oceânicas. A ação da dinâmica das ondas e correntes de marés são, provavelmente, as responsáveis pela ausência de sedimentos finos nesta área.

O perfil B-B' localizado entre o Pontal do Sul (Ilha de Guaraguaçu) e Praia do Limoeiro (Ilha do Mel), apresenta uma declividade mais acentuada em seu lado SW e forma um baixio, com profundidades inferiores a 3 metros, em seu lado NE. O canal dragado da baía localiza-se mais a SW do perfil e apresenta uma profundidade de 12 metros. Um segundo canal, isolado, no la-

do NE é observado e apresenta uma profundidade de até 13 metros.

O perfil C-C' situado entre o Pontal do Poço (Ilha de Guaraguaçu) e a praia do Cedro (Ilha do Mel), apresenta uma depressão, que atinge mais de 20 metros de profundidade, próximo ao Pontal do Poço, onde a declividade, no lado SW do perfil é bastante acentuada. Esta depressão forma uma pequena bacia isolada recoberta por areias finas e muito finas. O canal dragado encontra-se na parte central do perfil e apresenta uma profundidade em torno de 12 metros. Em direção NE a declividade torna-se mais suave até atingir a Ilha do Mel.

O perfil D-D' localizado mais a norte, entre a Ilha Rasa da Cotinga e o Pontal da Coroaizinha (Ilha do Mel) apresenta-se em situação inversa ao perfil C-C'. A declividade mais suave encontra-se no lado SW e a depres-

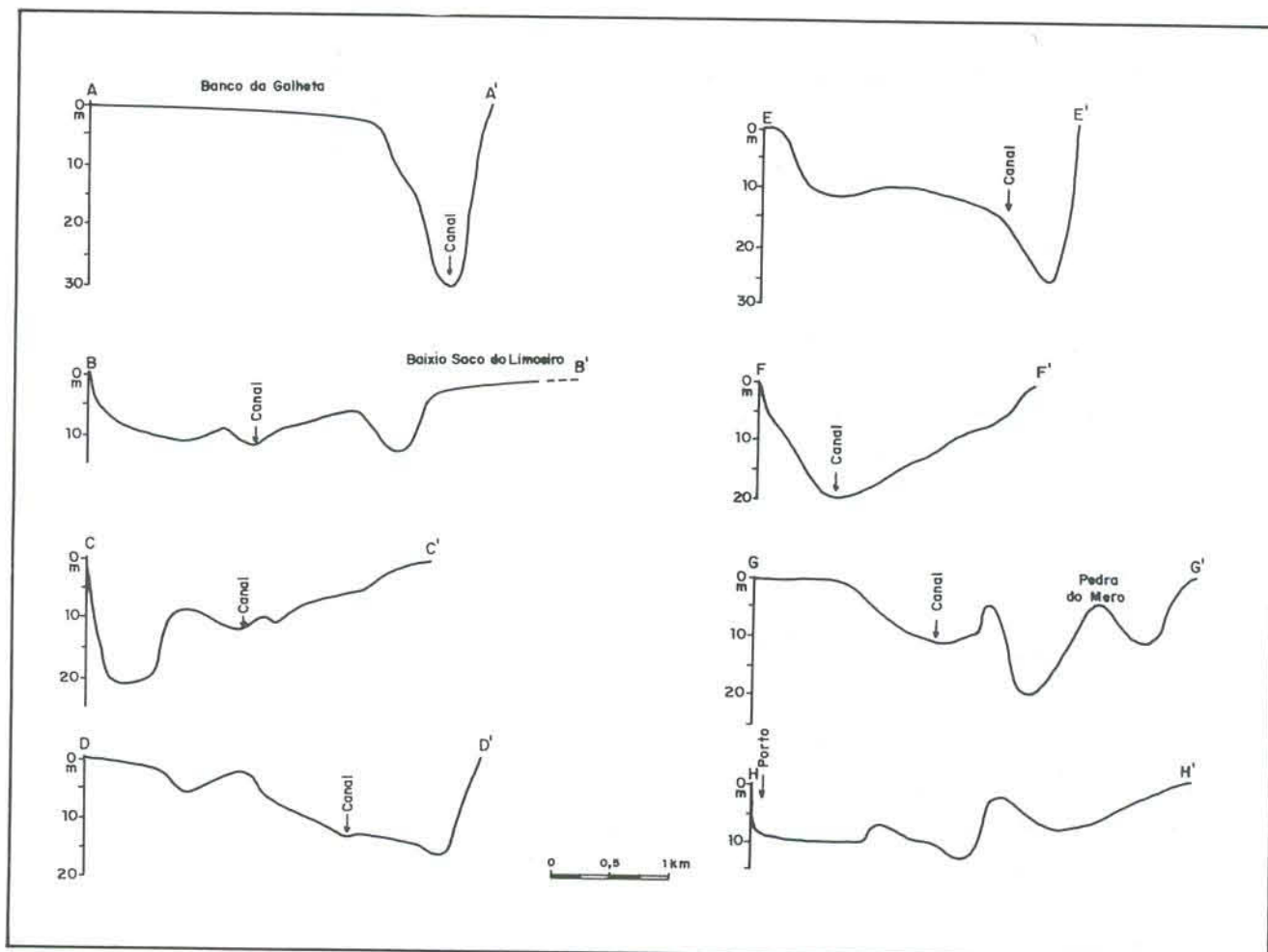


Figura 3 — Perfis batimétricos da parte oriental da Baía de Paranaguá.

são isolada, onde a declividade é mais acentuada, encontra-se no lado NE do perfil.

O perfil E-E', entre o Pontal da Baleia (Ilha Rasa da Cotinga) e a Ilha das Cobras, assemelha-se muito ao perfil D-D'. Este apresenta uma depressão de mais de 20 metros de profundidade em seu lado NE, formando uma bacia isolada onde predominam sedimentos sílticos grosseiros e areias muito finas.

O perfil F-F', entre a ponta NW da Ilha Rasa da Cotinga e Piaçagueira, apresenta uma forma normal com o canal localizado em sua parte central.

O perfil G-G' localizado entre a cidade de Paranaguá e a desembocadura do Rio das Ostras, apresenta-se bastante irregular.

No lado sul do mesmo observa-se a presença de um baixio com menos de 3 metros de profundidade. Dois altos são observados sobre o perfil: o primeiro ao norte do canal dragado, correspondente à Pedra da Palangada, o segundo a norte deste e que corresponde à Pedra do Mero. Estes picos estão a uma profundidade não superior a 4 metros. Estes são formados por sedimentos cascalhosos associados à areia grossa a média.

O perfil H-H', localizado entre o porto de Paranaguá e o Pontal do Amparo, apresenta em seu lado sul o canal dragado e um pico em sua parte central correspondente à proximidade da Ilha Biguá. Os sedimentos que predominam são os siltosos, associados à areia

muito fina. As depressões são recobertas por sedimentos mais lamosos.

VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

Diâmetro Médio (M_z)

Este parâmetro estatístico indica a tendência central do tamanho médio dos grãos dos sedimentos. Segundo Sahu (1964) o tamanho médio nos fornece dados sobre a energia cinética média do agente de deposição embora a mesma seja também dependente da distribuição de tamanho de grão dos materiais disponíveis como fonte.

Ao observarmos o mapa de variação do diâmetro médio (Fig. 4) podemos verificar a existência de cinco populações granulométricas distintas ou seja: cascalho, areia média, areia fina, areia muito fina e silte grosseiro.

A população cascalho foi observada em uma única amostra, coletada junto a Pedra do Mero, ao norte de Paranaguá, formada de material biodetrítico associado a areias quartzosas. Estes sedimentos grosseiros podem ser considerados relíquias já que os mesmos encontram-se atualmente em uma região de baixa energia.

A população areia média foi observada somente na região da entrada da baía, estendendo-se em direção à plataforma continental. Estas são constituídas

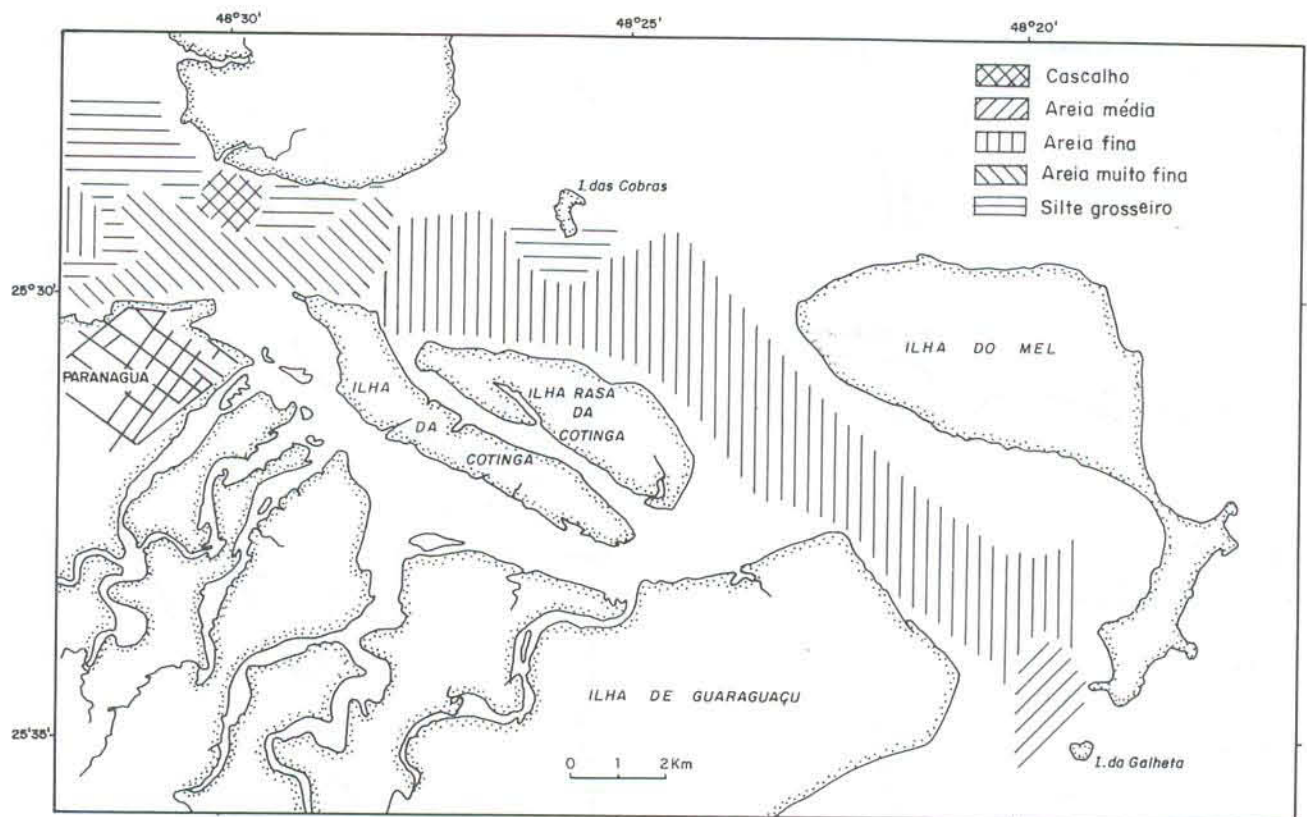


Figura 4 — Variação do diâmetro médio dos sedimentos da porção oriental da Baía de Paranaguá.

de areias quartzosas com a presença de fragmentos finos de biodetritos. Esta população é oriunda do transporte litorâneo e é controlada pela energia do ambiente costeiro.

A população areia fina abrange a maior parte da área estudada. Esta vai desde a entrada da Baía até a ponta oeste da Ilha Rasa da Cotinga. A dinâmica desta área, menos ativa que a anterior, é controlada pelas correntes de marés.

A população areia muito fina localiza-se na parte mais oeste da área, nas proximidades de Paranaguá, caracterizando uma zona de mais baixa energia. Em direção mais para oeste a população silte grosseiro predomina. O material mais fino é trazido em suspensão pelos rios e pelo complexo da Baía de Antonina, localizada a oeste da Baía de Paranaguá, depositando-se nesta área pela influência da salinidade das águas, através da floculação.

Parte do material transportado pelo sistema fluvial fica retido nas áreas dos manguezais.

Variação do Desvio-padrão (σ_1)

O desvio-padrão mede o grau de seleção de um sedimento indicando as flutuações do nível energético do agente deposicional e sua capacidade de classificar os materiais ali mobilizados. Entretanto se não houver uma disponibilidade da área fonte em fornecer diferentes tamanhos de grãos ao agente de deposição, as diferenças energéticas do meio não serão retratadas no

material acumulado, o que mostra que a distribuição de tamanho dos materiais da área fonte influencia, de certo modo, o grau de seleção dos sedimentos depositados em um dado ambiente (Sahu, 1964).

O mapa de variação do desvio-padrão apresentado na Figura 5 reflete com exatidão o processo de seleção a que foi submetida a área estudada.

Os sedimentos muito bem classificados encontram-se distribuídos na parte mais leste da baía onde a ação das ondas e marés é mais intensa.

Na parte central da área, entre a Ilha Rasa da Cotinga e a Ilha das Cobras, os sedimentos apresentam-se bem classificados, com a presença de sedimentos pobremente classificados nas depressões isoladas. Esta comporta-se como uma zona transicional.

Na parte mais oeste da baía a seleção dos sedimentos é de pobre a muito pobre, caracterizando uma zona de baixa energia associada à zona de floculação dos sedimentos finos transportados pelos rios que deságuam nesta área.

De um modo geral o comportamento da variação do desvio-padrão mostrou-se dentro do esperado e muito semelhante ao encontrado em outras baías.

Variação da Assimetria (SK_1)

A assimetria de uma distribuição granulométrica traduz a posição da mediana com relação à média aritmética. Em um sedimento onde temos a predominân-

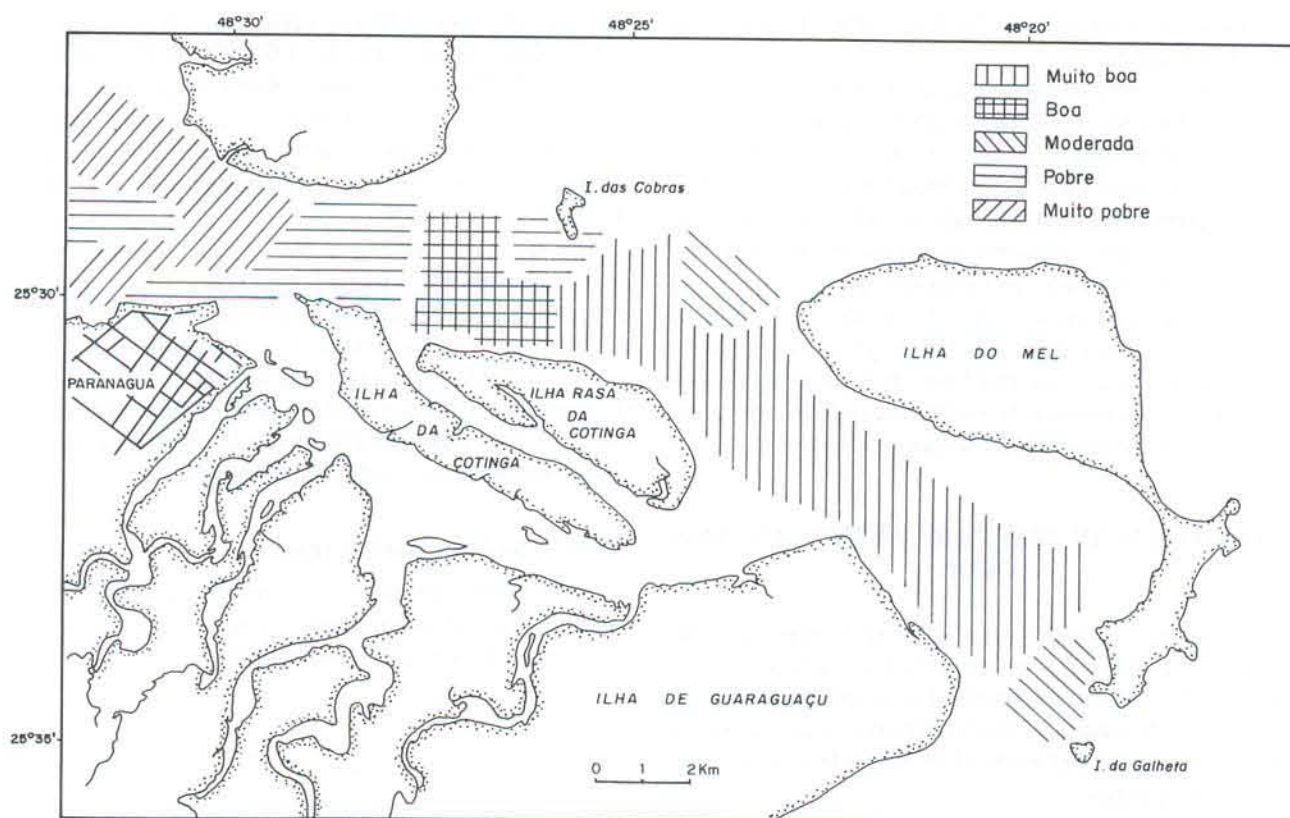


Figura 5 — Variação do desvio-padrão dos sedimentos da porção oriental da Baía de Paranaguá.

cia do material grosseiro sobre os finos a assimetria é negativa, mostrando que o tamanho médio é mais elevado do que a mediana.

O mapa de variação da assimetria (Fig. 6) mostra-se bastante diagnóstico no que diz respeito à expressão da dinâmica atual.

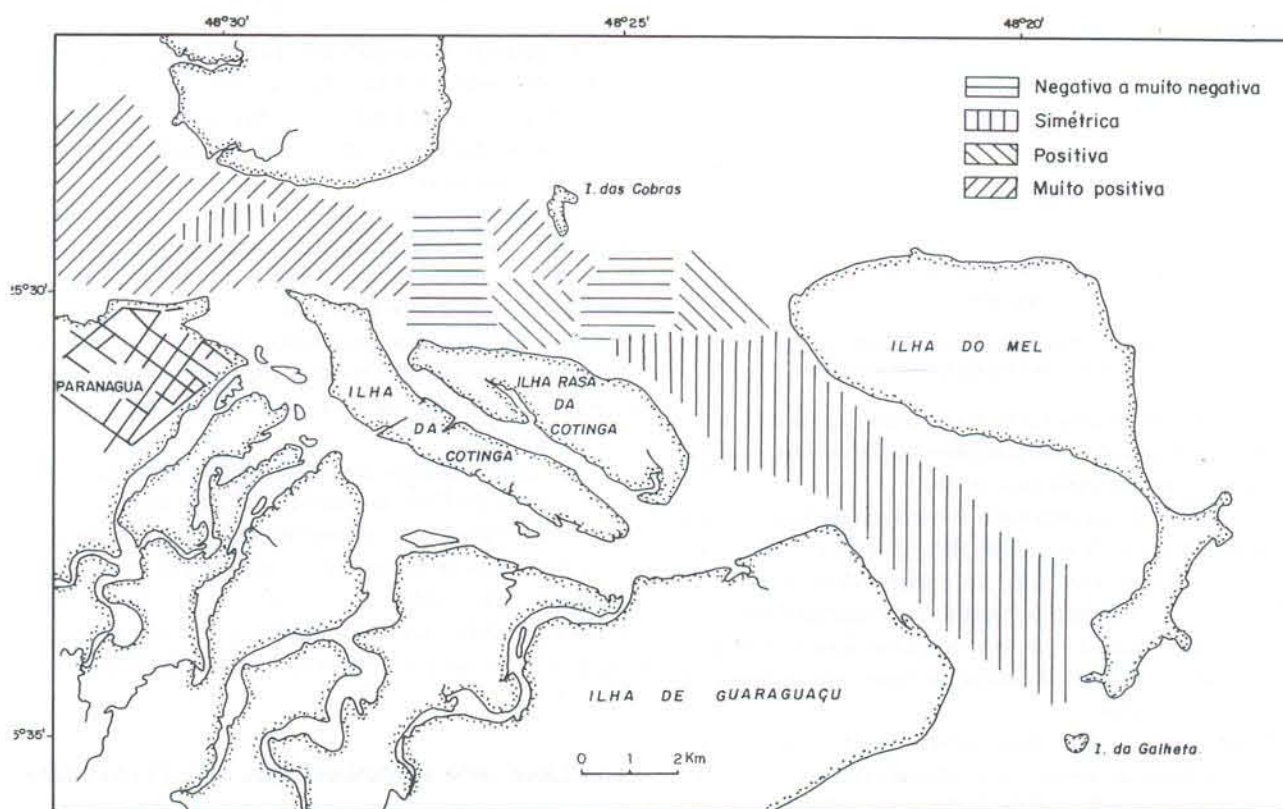


Figura 6 — Variação da assimetria dos sedimentos da porção oriental da Baía de Paranaguá.

Sedimentos simétricos são observados na parte leste da baía, em direção ao "inlet" caracterizando uma zona homogênea.

A parte central apresenta uma mistura de populações ocasionando com isso a presença de sedimentos que vão desde muito negativos até muito positivos e que caracterizam uma zona transicional.

Na parte mais oeste da baía os sedimentos apresentam uma assimetria predominantemente muito positiva, típica de ambiente de baixa energia.

Somente na região da Pedra do Mero é que os sedimentos se apresentam simétricos, provavelmente devido a presença de material biodetrítico em sua composição. Estes sedimentos biodetríticos podem ser enquadrados como sedimentos relíquias.

INTER-RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

Para uma melhor visualização do comportamento global dos parâmetros estatísticos que caracterizam as distribuições granulométricas dos sedimentos do fundo da área estudada foram construídos dois diagramas dispersos: Média Aritmética/Desvio-padrão e Assimetria/Desvio-padrão.

Média Aritmética/Desvio-padrão

Este diagrama (Fig. 7) apresenta uma boa distinção das zonas de concentração dos principais grupos sedimentares encontrados na Baía de Paranaguá.

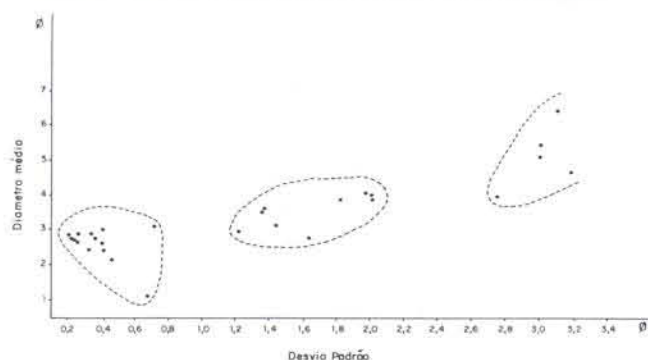


Figura 7 — Diagrama disperso (Média aritmética/Desvio-padrão) dos sedimentos da porção oriental da Baía de Paranaguá.

A primeira zona acha-se representada pelos componentes areia fina de composição quartzosa com alguns fragmentos de material bioclástico.

As areias predominantemente quartzosas apresentam incidência no intervalo areia fina (2-3 φ) e valores de seleção inferiores a 0,75 φ, na maioria dos casos entre 0,50 e 0,20 φ, situando-se portanto no campo dos sedimentos bem a muito bem selecionados. Estes sedimentos são característicos da zona de mais alta energia da Baía de Paranaguá.

Estas areias, por suas propriedades estatísticas, se assemelham a sedimentos litorâneos atuais, tanto praias como eólicos, o que pode caracterizar uma feição tipicamente relíquia para as mesmas.

A segunda zona encontra-se representada pela seqüência granulométrica de areia muito fina. O diâmetro médio desta zona varia de 3,0 a 4,0 φ. Os índices de seleção representados por valores quantitativamente moderados (1,2 a 2,0 φ) indicam uma classificação pobre. De um modo geral notamos que a medida que o diâmetro médio diminui, aumenta a má classificação do material.

A terceira zona, bem individualizada, acha-se representada pelos componentes siltes grosseiros, com diâmetro médio situado no intervalo entre 4,0 e 6,5 φ. O índice de seleção mostra uma classificação muito pobre (2,7 a 3,5 φ), o que indica uma heterogeneidade do material. Certas amostras deste grupo apresentam componentes biodetríticos os quais são provavelmente os responsáveis por estas características.

Desvio-padrão/Assimetria

As diferentes zonas de concentração de material, obtidas a partir deste gráfico (Fig. 8), são bastante similares ao anteriormente descrito.

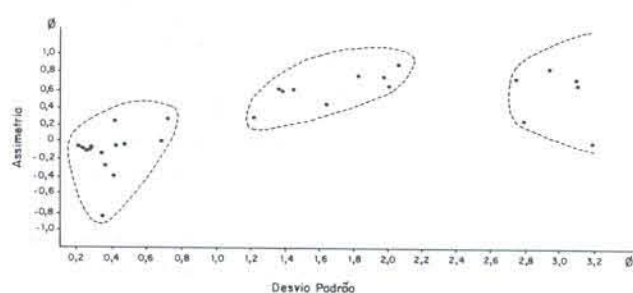


Figura 8 — Diagrama disperso (Assimetria/Desvio-padrão) dos sedimentos da porção oriental da Baía de Paranaguá.

A primeira zona formada pelas areias finas bem a muito bem selecionadas, apresentam assimetria levemente negativa. Algumas amostras tendem a uma assimetria levemente positiva; esta é devida à presença de sedimentos finos.

A seqüência areia muito fina, que se apresenta pobremente selecionada, mostra uma assimetria que vai de positiva a muito positiva. Isto é devido ao enriquecimento de finos nos sedimentos.

A seqüência silte grosso, que se apresenta pobremente selecionada, mostra uma assimetria que vai de positiva a muito positiva, ocasionada pela dominância de finos.

As características da distribuição analisada, confirma as idéias de Folk & Ward (1957) no que diz respeito à sensibilidade da assimetria na caracterização de ambientes. Ela será negativa sempre que os sedimentos forem submetidos a um processo que lhes remova os finos; e será positiva quando a sedimentação fina dominar a grosseira devido ao baixo nível energético ambiental.

ANÁLISE DISCRIMINATÓRIA MULTIVARIADA

O método utilizado é o da análise discriminatória

multivariada de sedimentos modernos, proposto por Sahu (1964), através do qual podemos distinguir condições ambientais, partindo-se do pressuposto que as variações dos parâmetros estatísticos de um dado sedimento são concordantes com as variações sofridas pelo ambiente deposicional, tanto no tempo como no espaço.

O princípio básico da análise discriminatória multivariada parte das seguintes premissas:

- Cada ambiente sedimentar pode ser caracterizado fisicamente por níveis energéticos peculiares.
- Cada ambiente sedimentar tem flutuações de energia dentro de certos limites críticos as quais podem variar no tempo e no espaço.
- A “fossilização” das características de energia de ambiente e suas flutuações estão condicionadas à disponibilidade suficiente de material clástico de todas as granulometrias selecionáveis ao receberem o impacto das variações de energia do ambiente.
- Cada ambiente tem nos caracteres texturais de seu depósito um conjunto de elementos que refletem um intervalo de condições físicas. Segundo o que um apresenta é possível dar a ordem de grandeza do outro.

Partindo dos valores dos parâmetros estatísticos, Sahu (1964) estabeleceu fórmulas simples através das quais é possível avaliar a tendência apresentada por um sedimento como resposta a um determinado conjunto de fatores físicos atuantes sobre estes na época de sua deposição.

O princípio analítico da análise multivariada consiste em se determinar o ponto, expresso em valor numérico, da interseção entre dois ambientes adjacentes em termos de um certo parâmetro. O ambiente, cujas condições físicas mais se aproximam dos valores obtidos, será bloqueado no instante em que for determinado se o parâmetro “ Y_u ” tende para “ Y_1 ” ou para “ Y_2 ” de um conjunto “ $Y_{1,2}$ ”.

Deste modo foi utilizada a fórmula proposta por Sahu (1964) para distinção entre o processo marinho raso agitado e fluvial:

$$Y = 0,2852Mz - 8,7604\sigma_1^2 - 4,8932SK_1 + 0,0482K_G$$

para:

$Y < -7,4190$ depósito fluvial

$Y > -7,4190$ depósito marinho raso agitado

A partir desta fórmula procuramos determinar o comportamento do parâmetro “ Y ” para uma série de amostras da Baía de Paranaguá, utilizando-se os valores da média aritmética (Mz), da variância (σ_1^2), da assimetria (SK_1) e da curtosis (K_G), os quais podem ser observados na Tabela 1.

O que constatamos é que os sedimentos a partir da Ilha das Cobras, em direção ao “inlet” da baía, são caracterizados como de ambiente marinho raso agitado, em que “ Y ” apresenta valores maiores que $-7,4190$. Os sedimentos que se encontram a oeste da Ilha das Cobras são representativos de ambiente fluvial, onde “ Y ” apresenta valores menores que $-7,4190$.

A partir dos parâmetros estatísticos calcularam-se os valores das constantes a serem aplicadas no gráfico de Sahu (1964) que possibilitou caracterizar a energia e fluidez do meio nas zonas de deposição marinho raso ou fluvial, anteriormente determinadas (Tab. 2).

Amostra	Mz	Sk ₁	$\frac{\sigma_1^2}{1}$	K _G	Y	Tendência
1	1,13	0,03	0,67	0,51	-5,6694	MRA
2	2,38	-0,12	0,33	0,53	-1,0468	MRA
3	2,12	-0,04	0,46	0,50	-3,2053	MRA
4	2,65	-0,09	0,26	0,53	-1,0560	MRA
5	2,72	-0,08	0,23	0,53	-0,8221	MRA
6	2,66	-0,10	0,25	0,53	-0,9166	MRA
7	2,80	-0,04	0,21	0,55	-0,8189	MRA
8	2,82	-0,05	0,27	0,53	-1,2908	MRA
9	3,05	0,27	0,72	0,74	-6,7231	MRA
10	2,86	-0,86	0,34	0,74	+2,0809	MRA
11	4,06	0,73	1,97	0,65	-19,6407	F
12	3,00	0,22	0,41	0,77	-3,7755	MRA
13	2,78	-0,26	0,36	0,64	-1,0578	MRA
14	2,59	-0,39	0,41	0,51	-0,9202	MRA
15	—	—	—	—	—	—
16	3,51	0,61	1,36	0,73	-7,8930	F
17	3,87	0,76	1,82	0,70	-18,5253	F
18	2,51	-0,04	0,42	0,50	-2,7437	MRA
19	3,92	0,65	2,01	0,62	-19,6411	F
20	3,57	0,60	1,37	0,68	-13,8867	F
21	6,60	0,01	3,17	0,39	-25,9182	F
22	-1,96	0,27	2,79	0,42	-26,3014	F
23	4,68	0,70	3,10	0,45	-29,2260	F
24	2,85	0,43	1,63	0,82	-15,5312	F
25	3,11	0,62	1,44	0,89	-14,7189	F
26	3,00	0,31	1,22	0,86	-11,3075	F
27	4,07	0,70	2,75	0,70	-26,3218	F
28	3,99	0,91	2,06	0,87	-21,3193	F
29	5,22	0,86	2,94	0,45	-28,4532	F
30	5,55	0,63	3,01	0,45	-27,8469	F

Tabela 1 — Valores dos parâmetros estatísticos calculados pelas fórmulas de Folk & Ward (1957) e o valor do parâmetro “ Y ” da análise discriminatória multiderivada segundo Sahu (1964). MRA-Marinho raso agitado. F-Fluvial.

Campos	Y	X	Ambiente	Energia	Fluidez
I	0,5356	0,1039	MR	M	M
II	0,2442	0,0071	P	A	A
III	0,8546	2,7000	MR	M	M
IV	1,9245	8,1356	F	B	B
V	2,4241	11,8546	F	MB	MB
VI	2,9316	0,0235	F	M	B

Tabela 2 — Valores dos parâmetros relativos ao diagrama de Sahu (1964), para análise ambiental. MR-Marinho raso, F-Fluvial, P-Praial, M-Moderado, A-Alta, B-Baixa, MB-Muito baixa.

Na Figura 9 podemos observar que a partir da Ilha das Cobras o ambiente é tipicamente marinho raso associado a praial, apresentando uma energia e fluidez do meio, de moderada a alta. Esta zona é formada por sedimentos relíquias depositados em ambiente praial/marinho raso durante um período de mar mais elevado.

A oeste da Ilha das Cobras, em direção a Paranaguá, o ambiente é tipicamente fluvial, apresentando uma energia e fluidez do meio de baixa a muito baixa. Esta zona é formada pelos sedimentos finos transportados pelos rios, que pelo processo de floculação se depositam recobrando os sedimentos mais antigos depositados no final da última transgressão quando o mar atingiu níveis mais elevados.

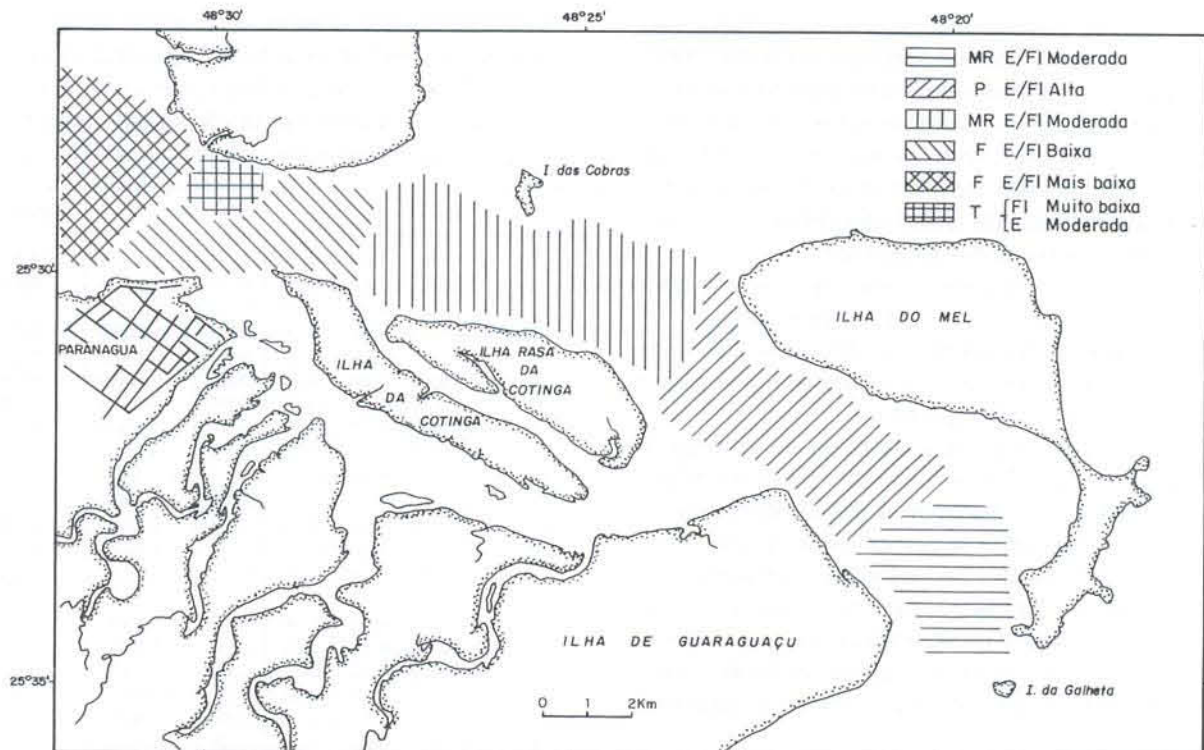


Figura 9 — Variação ambiental dos sedimentos superficiais da porção oriental da Baía de Paranaguá. MR-Marinho raso, P-Praial, F-Fluvial, T-Turbidítico, E-Energia e FI-Fluidez.

Na região da Pedra do Mero os sedimentos apresentam características de depósitos de baixa fluidez e de moderada energia. Estas características são devidas à presença de bioclastos associados a sedimentos finos. Provavelmente estes depósitos anômalos de materiais biodetríticos estejam relacionados a sambaquis formados num período de mar mais baixo.

CONCLUSÕES

O processo básico que ocorre na circulação das baías é a mistura das águas doces vindas do continente com as águas salgadas do oceano, num ambiente restrito. Os fatores principais que controlam esses processos são as marés e as correntes fluviais residuais, com efeito de ondas e diferenças de densidade entre águas doces e salgadas.

A presença de mangues associados às planícies de maré tem influência na deposição de sedimentos em ambientes de baías. A vegetação de mangues de regiões tropicais podem favorecer a deposição de sedimentos ao redor de suas raízes. Estas trapeiam o material grosseiro deixando passar somente o material fino transportado em suspensão.

Os sedimentos clásticos mais finos ocorrem com maior frequência, a montante da baía e os mais grosseiros a jusante da mesma. As areias e os biodetríticos acumulam-se nas zonas de maior energia enquanto que os clásticos finos nas zonas de baixa energia, predominando as argilas nos fundos rasos.

Quanto ao material de origem orgânica, sua presen-

ça é secundária em confronto com os de origem terrígena. O teor de matéria orgânica aumenta a montante, pois, via de regra, é maior nos sedimentos finos. A matéria orgânica origina-se da decomposição da fauna e flora da região enquanto que os biodetríticos são formados quase que exclusivamente de conchas de bivalves.

Na área estudada parece haver uma diferença na dinâmica sedimentar entre a zona oeste da Ilha das Cobras e a SE desta. Estas diferenças são observadas a partir das seguintes evidências:

- A distribuição de tamanho de grão da parte SE é composta exclusivamente de areia fina a média enquanto que a parte oeste é formada predominantemente de areia muito fina e silte grosseiro.
- A variação do desvio-padrão apresenta-se a SE como muito bem a bem classificada enquanto que a oeste predominam sedimentos pobremente a muito pobremente classificados.
- A variação da assimetria na parte oeste é predominantemente positiva a muito positiva enquanto que a SE a assimetria é negativa a simétrica.

A sedimentação da região SE da baía representa a influência de correntes e ondas retrabalhando prováveis sedimentos relíquias. Alguns autores descrevem várias flutuações do nível do mar, responsáveis pela formação de vários terraços marinhos que ocorrem na região.

A diferença observada entre os sedimentos depositados na parte oeste dos da parte SE da área estudada, pode ser explicada pelo fato de os sedimentos depositados na parte SE, formados por sedimentos mais grosseiros, terem sido depositados em ambiente de plata-

forma rasa enquanto que os sedimentos mais finos, são de origem fluvial, refletindo um ambiente de mais baixa energia, incapaz de classificar o material depositado. Os sedimentos mais grosseiros que se encontram associados ao material fino, provavelmente são relíquias.

Segundo Mendes (1984), os sedimentos sujeitos a influência fluvial mais acentuada apresentam uma predominância de hornblenda em seus minerais pesados, enquanto que os sedimentos sujeitos a uma influência maior das correntes de marés, o mineral pesado não-opaco mais freqüente é a turmalina.

O assoreamento da Baía de Paranaguá parece ser bastante ativo. Bigarella (1978) estimou a média anual de sedimentação para a parte oeste da baía como sendo de 2,5 a 3,0 mm, tomados por base os últimos 6.000 anos. Esta sedimentação parecer ser mais ativa que a da Baía de Guanabara, a qual foi estimada em 1,94 mm/ano segundo Amador & Vilela (1980).

O modelo geral da sedimentação da porção estudada da Baía de Paranaguá indica que os seus sedimentos originam-se do aporte fluvial, da erosão local de bancos principalmente em épocas de cheias ou nas marés de águas vivas, da erosão do substrato, e na foz, por sedimentos trazidos da plataforma continental adjacente através das correntes litorâneas e ou das ondas.

Agradecimentos — Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio concedido em forma de Bolsa de Pesquisa (Proc. n.º 300.116/80-2NV); à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelas Bolsas de Iniciação Científica (Proc. n.º 90.2069.0) e a Universidade Federal do Rio Gran-

de do Sul (UFRGS), pela Bolsa de Iniciação Científica do Programa Institucional CNPq/UFRGS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador, E.S.; Vilela, R.A. 1980. Assoreamento da Baía de Guanabara; taxas de sedimentação. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52 (4): 723-742.
- Bigarella, J.J. 1978. *A serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná*. E. Planejamento e Assic. Defesa e Educ. Ambiental (ADEA), Curitiba, 249p.
- CBM-UFPr. 1986. Relatório do Projeto CIRM: *Estudo integrado dos ecossistemas da Baía de Paranaguá*. 147p. (inédito).
- Correa, I.C.S. 1988. Contribuição a Sedimentologia da parte oriental da Baía de Paranaguá-Brasil. *Actas II Reunion Argentina de Sedimentologia*, Buenos Aires. p. 61-65.
- DNH. 1985. *Tábuas das marés-Costa do Brasil e portos estrangeiros*. DNH-Ilha Fiscal, RJ.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Braço river bar; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27 (1): 3-26.
- Guilcher, A. 1967. Origin of sediments in estuaries. In: Estuaries (GH Lauff, ed.). *American Association of Advanced Science Publication*. 83: 149-157.
- Maack, R. 1981. *Geografia física do Estado do Paraná*. 2ed. Rio de Janeiro. Ed. J. Olympio. Curitiba. Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná. 450p.
- Meade, R.H. 1972. Transport and deposition of sediments in estuaries. In: Environmental framework of coastal plain estuaries (BW Nelson, ed). *Geological Society of America Memoir*. 133: 91-120.
- Mendes, J.C. 1984. *Elementos de Estratigrafia*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 566p.
- Morton, R.W. 1972. Spacial and temporal distribution of suspended sediment in Narragansett bay and Rhode island. In: Environmental Framework of Coastal Plain Estuaries (BW Nelson, ed.) *Geological Society of America Memoir*. 133: 131-141.
- Postma, H. 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: Estuaries (GW Lauff, ed). *American Association. Advanced Science Publication*. 83: 158-179.
- Sahu, B.K. 1964. Depositional mechanic from de size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34 (1): 73-83.